



państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP 525-000-80-40

www.pgi.gov.pl

Ocena perspektywiczności geologicznej zasobów złóż węglowodorów oraz przygotowanie materiałów na potrzeby przeprowadzenia postępowania przetargowego w celu udzielenia koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie lub wydobywanie złóż węglowodorów
Zadanie 22.5004.1502.02.0

Pakiet danych geologicznych do postępowania przetargowego na poszukiwanie złóż węglowodorów Obszar przetargowy „MALANÓW”

Opracował:
Zespół pod kierunkiem
mgr Huberta Kiersnowskiego

Koordynator zadania:
dr hab. Stanisław Wołkowicz
prof. nadzw. PIG-PIB

Warszawa, styczeń 2016 r.

Skład zespołu:

mgr Hubert Kiersnowski – kierownik zespołu

dr Anna Becker

mgr inż. Anna Bliźniuk

mgr inż. Ireneusz Dyrka

dr Anna Feldman-Olszewska

dr Andrzej Głuszyński

Tadeusz Grudzień

mgr inż. Marcin Janas,

dr Marek Jasionowski

mgr inż. Dominika Kafara

mgr inż. Sylwia Kijewska

mgr Paulina Kostrz-Sikora

dr Aleksandra Kozłowska

dr Marta Kuberska

mgr Rafał Laskowicz

dr Krzysztof Leszczyński

Monika Piotrowska

mgr inż. Michał Roman

dr Olga Rosowiecka

dr Małgorzata Sikorska-Maykowska

inż. Leszek Skowroński

mgr Jakub Sokołowski

mgr Marcin Szuflicki z zespołem

prof. dr hab. Ryszard Wagner

Koordynator zadania:

prof. nadzw. PIG-PIB dr hab. Stanisław Wołkowicz

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
1.1. Informacje ogólne o obszarze przetargowym	5
(Marek Jasionowski, Leszek Skowroński, Hubert Kiersnowski)	
1.2. Uwarunkowania środowiskowe	5
(Małgorzata Sikorska-Maykowska, Anna Bliźniuk, Dominika Kafara, Paulina Kostrz-Sikora, Monika Piotrowska)	
2. BUDOWA GEOLOGICZNA	6
2.1. Stratygrafia	6
2.1.1. Karbon	6
(Hubert Kiersnowski)	
2.1.1.1. Petrografia osadów karbonu dolnego	8
(Aleksandra Kozłowska)	
2.1.2. Perm–czerwony spągowiec	8
(Hubert Kiersnowski)	
2.1.2.1. Wyniki badań petrograficznych	10
(Marta Kuberska)	
2.1.3. Perm–cechsztyń	12
(Ryszard Wagner, Hubert Kiersnowski, Leszek Skowroński)	
2.1.4. Trias	16
(Anna Becker)	
2.1.5. Jura	16
(Anna Feldman-Olszewska)	
2.1.6. Kreda	17
(Anna Feldman-Olszewska)	
2.1.7. Kenozoik	17
2.2. Budowa strukturalna	17
(Andrzej Głuszyński)	
2.3. Rozwój budowy geologicznej	19
(Andrzej Głuszyński)	
3. SYSTEM NAFTOWY	20
3.1. Wstęp	20
3.2. Skały macierzyste	20
(Marcin Janas)	
3.3. Wiek i mechanizm generacji, migracji i akumulacji węglowodorów	24
(Ireneusz Dyrka)	
4. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W OTOCZENIU OBSZARU PRZETARGOWEGO „MALANÓW”	24
(Marcin Szufflicki i zespół)	
5. PROFIL REPEROWY – MALANÓW 1	26
5.1. Informacja ogólna	26
(Hubert Kiersnowski, Leszek Skowroński, Tadeusz Grudzień)	
5.2. Opis wykonanych badań i interpretacja geofizyki otworowej w otworze Malanów 1	27
(Michał Roman)	
5.3. Charakterystyka hydrodynamiczna i hydrochemiczna poziomów zbiornikowych	27
(Jakub Sokołowski, Hubert Kiersnowski)	
6. DANE SEJSMICZNE	28
(Sylwia Kijewska)	
7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETOMETRYCZNE	28
(Olga Rosowiecka)	
7.1. Grawimetria	28
7.2. Magnetyka	34
8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI	35
(Hubert Kiersnowski, Rafał Laskowicz)	
9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE	40

1. WSTĘP

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru przetargowego „Malanów” dotyczy aspektów budowy geologicznej i perspektyw poszukiwawczych dla poszukiwań złóż gazu w utworach czerwonego spągowca, zarówno w pułapkach konwencjonalnych jak i niekonwencjonalnych.

Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru przetargowego „Malanów” został przygotowany na zlecenie Departamentu Geologii i Koncesji Geologicznych Ministerstwa Środowiska. Zakres informacji geologicznej jaka powinna się znaleźć w przedkładanym opracowaniu został określony w piśmie tegoż Departamentu nr DGK-IV-4773-3/25312/15/TC z dnia 8.07.2015 r. Zgodnie z art. 49f ust. 3 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2015 r., poz. 196 ze zm.) obszary przeznaczone do postępowania przetargowego ustala organ koncesyjny we współpracy z państwową służbą geologiczną. Obszar „Malanów” został wskazany w oparciu o Raport „RANKING OBSZARÓW PROPONOWANYCH DO POSTĘPOWANIA PRZETARGOWEGO NA UDZIELENIE KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE WĘGLOWODORÓW” opracowany przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w lipcu 2015 r.

Zebrane dane o budowie geologicznej i potencjale złożowym obszaru przetargowego „Malanów” obejmują informację geologiczną będącą własnością Skarbu Państwa, dostępną w zasobach Narodowego Archiwum Geologicznego PIG-PIB oraz w ogólnodostępnych publikacjach naukowych. Źródła zamieszczonych informacji zawarte są w końcowej części Pakietu Informacyjnego. Opracowanie to zawiera również ogólne dane o istniejących informacjach geologicznych nie będących własnością Skarbu Państwa.

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny stanowi integralną część zestawu dokumentów oferty przetargowej i jako taki nie może być udostępniany oddzielnie. Zawarte w przedłożonym Geologicznym Pakiecie Informacyjnym dla obszaru przetargowego „Malanów” opinie autorów dotyczące potencjału węglowodorowego obszaru „Malanów” wyrażają stanowisko PSG i komentują bieżący stan wiedzy geologicznej.

Ministerstwo Środowiska zastrzega sobie możliwość użycia/cytowania Geologicznych Pakietów Informacyjnych w całości lub w części przy okazji innych czynności związanych z realizacją zadań statutowych instytucji.

1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM

Obszar przetargowy „Malanów” jest położony w granicach administracyjnych województwa wielkopolskiego (Fig. 1.1.); zajmuje powierzchnię 876,63 km², a granice obszaru wyznaczają koordynaty (Fig. 1.2.), zamieszczone w tabeli poniżej.

Nr punktu	Y [PUWG92]	X [PUWG92]
1	465621,511	450191,186
2	448432,373	450309,152
3	431245,530	459747,360
4	431628,470	487544,580
5	448719,279	478106,139
6	465748,962	468692,966

Wcześniej część obszaru „Malanów” była objęta koncesją firmy Wielkopolska Energia SA należącej do Texaco/El Paso (Koncesja nr 13/96/Ł dla bloku 249, z dnia 29.02.1996). W późniejszym okresie północna część obszaru przetargowego „Malanów” objęta była koncesjami firmy FX Energy („229 N” 44/2008/p), a południowa część obszaru „Malanów” objęta była koncesją firmy Energia Kalisz (Kalisz 7/2008/p).

Należy zaznaczyć, że zarówno w dokumentacjach, jak i publikacjach, w przypadku otworów wiertniczych spotyka się różną pisownię (np. „Zakrzyn IG 1” albo „Zakrzyn IG-1”).

1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE

Obszar przetargowy „Malanów” obejmuje swoim zasięgiem (w całości lub częściowo) tereny 20 gmin, spośród których jedna jest gminą miejską (Turek), 5 jest gminami miejsko-wiejskimi 14 zaś gminami wiejskimi. Największym ośrodkiem urbanizacyjnym obszaru „Malanów” jest miasto Turek, zajmujące powierzchnię 16,16 km² i zamieszkane przez około 28,5 tys. osób, przy czym w zasięgu omawianego terenu znajduje się jedynie jego część. Jedną z kluczowych gałęzi gospodarki Turka jest przemysł wydobywco-energetyczny – miasto jest uznawane za drugi pod względem wielkości ośrodek przemysłowy Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego. W jego bezpośrednim sąsiedztwie, 3 km od wschodniej granicy, znajduje się Elektrownia „Adamów” – należąca do Zespołu Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin S.A., konwencjonalna elektrownia ciepła o mocy zainstalowanej 600 MW, opalana węglem brunatnym.

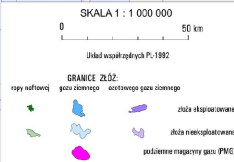
Zgodnie z regionalizacją fizyczno-geograficzną Kondraciego (2009), obszar „Malanów” położony jest w obrębie trzech mezoregionów: Doliny Konińskiej, Równiny Rychwalskiej oraz Wysoczyzny Tureckiej, przy znaczącym udziale dwóch ostatnich. Wysoczyzna Turecka cechuje się zróżnicowanym ukształtowaniem pionowym, o czym świadczy obecność wzgórz dochodzących do 100 m wysokości względnej w stosunku do przyległej doliny Warty. Przykładem są tu Wzgórza Tuliszkowskie z kulminacjami około 140 m oraz Wał Malanowski (190 m) znajdujący się na południowy zachód od Turka. Z kolei Równina Rychwalska stanowi natomiast kotłino-wate obniżenie znajdujące się na zachód od Wysoczyzny Tureckiej i ograniczone od północy Doliną Konińską.

Układ komunikacyjny tworzy przebiegająca przez jego północną część obszaru autostrada A2. Innymi ważniejszymi szlakami komunikacyjnymi są drogi krajowe nr 25, 72 oraz 83. Elementem infrastruktury techniczno-inżynierskiej o znaczeniu ponadregionalnym, znajdującym się w obrębie charakteryzowanego obszaru przetargowego, jest także gazociąg gazu wysokometanowego relacji Gustorzyn-Odolanów o średnicy 700 mm przebiegający równolegle do wcześniej istniejącego układu łączącego bezpośrednio ww. węzły. Ponadto wzdłuż wschodniej granicy obszaru przebiega linia elektronenergetyczna najwyższych napięć (220 kV). Na odcinku Międzyzlesie-Jabłonna linia ta znajduje się w granicach obszaru „Malanów”. Druga linia o takich parametrach przecina skrajnie północną części omawianego terenu (Plan sieci elektroenergetycznej najwyższych napięć, PSE S.A.).

Na obszarze przetargowym zinventaryzowano 18 ujęć wód podziemnych o wydajności przekraczającej 50 m³/h (w tym 16 komunalnych i 2 przemysłowe), 4 ujęcia wód podziemnych o wydajności 25–50 m³/h (1 komunalne, 1 przemysłowe i 2

Figura 1.1. Położenie obszaru przetargowego „Malanów” na mapie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węglowodorów oraz podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji i podziemne składowanie odpadów według stanu na 31.12.2015 r.

MAPA KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE
WĘGLOWODORÓW ORAZ PODZIEMNE BEZZBIORNIKOWE MAGAZYNOWANIE
SUBSTANCJI I PODZIEMNE SKŁADOWANIE ODPADÓW
WG STANU NA 31-12-2015 r.



Magazyny			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjonariusz
1	1/2004/m	Moskwa II	PGNIG S.A.
2	3/2004/m	Góra	Inowrocławskie Kopalnie Soli S.A. w Inowrocławiu
3	10/2013/m	Strachocina	PGNIG S.A.
4	8/2011/m	Husław	PGNIG S.A.
5	13/2008/m	Bonikowo	PGNIG S.A.
6	4/2013/m	Bralin	PGNIG S.A.
7	6/2009/m	Dąbrowa	PGNIG S.A.
8	19/2001/m	Kosakowo	PGNIG S.A.
9	1/2004	Świerów	PGNIG S.A.
10	11/05	Wierzbica	PGNIG S.A.
11	2/2012/m	Henrykowice - E	Zakład Dogotowania i Urządzania Tętniwnych - ATM Brochów Spółka z o.o.

Składowiska			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjonariusz
1	12/2002/s	Bożecin	PGNIG S.A.
2	2/2008/s	Musów - Alifanowa Krasna	PGNIG S.A.
3	3/2002/s	Świdnik	PGNIG S.A.



MINISTERSTWO ŚRODOWISKA

Koncesje eksploatacyjne:

- Ropne koncesje eksploatacyjne PGNIG S.A.
- Gasowe koncesje eksploatacyjne PGNIG S.A.
- LOTOS Petrobralic S.A.
- Zakład Odnawiania Kopalni Sp. z o.o.
- Baltic Gas Sp. z o.o. i wspólnicy Sp. komandytowa
- B&S Sp. z o.o. Baltic S.k.a.
- TRIAS Sp. z o.o.

Koncesje poszukiwawcze:

- PGNIG S.A.
- Grupa LOTOS Petrobralic S.A.
- BNK Poland Holdings B.V.
- Blue Gas NRG Sp. z o.o.
- San Leon Energy Plc
- DISCOVERY POLSKA LLC
- P&M Orlen S.A.
- Stena Investment S.A.R.L.
- Pactum Capital Advisors Limited - San Leon Energy B.V.
- Cuadrilla Resources Limited
- FX Energy
- Gas Plus International B.V.
- PPI Chrobok S.A.
- TRIAS Sp. z o.o.

- Koncesje na poszukiwanie i wydobywanie ropy naftowej z pokładowej warstwy karniowej
- Złożone wnioski koncesyjne
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 47 ustawy
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 47 ustawy



Opracowali: B. Borko, B. Sekiera, M. Szczygiłło

Copyright by PGI (2015)

WARSZAWA - 31-12-2015

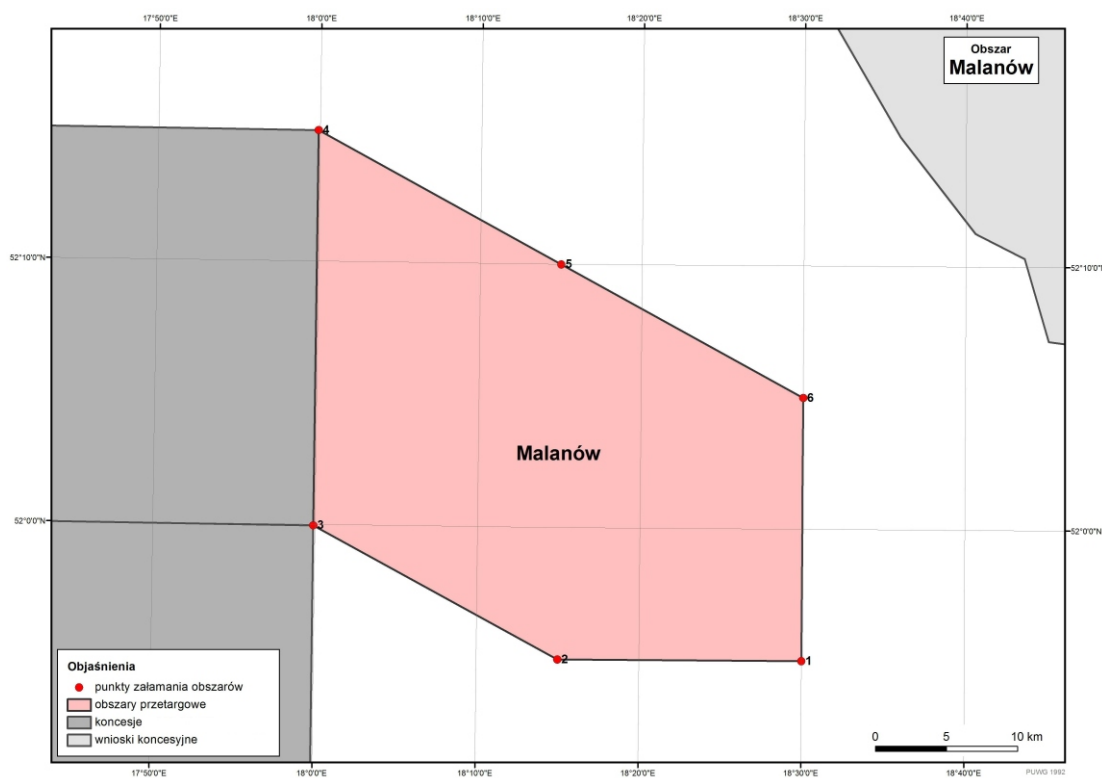


Figura 1.2. Umieszczenie punktów załamania granic obszaru „Malanów” i jego pozycja na tle sąsiednich koncesji (stan na 31.12.2015 r.).

komunalno-przemysłowe) oraz 1 ujęcie komunalne wód podziemnych o wydajności $<25 \text{ m}^3/\text{h}$. Omawiany obszar jest także miejscem prowadzenia działalności górniczej i przetwórczej. Największa koncentracja złóż ma miejsce wzdłuż linii łączącej miejscowości Rzgów, Rychwał i Mycielin. Znajdują się tam przede wszystkim złoża węgla brunatnych o zasobach udokumentowanych w kategoriach B+C₁+C₂. Eksploatacja węgla brunatnych jest także prowadzona na obszarach położonych na wschód i północ od opisywanego terenu, poza jego granicami. Z kolei na wschód od Malanowa oraz na północ od Turka (poza omawianym obszarem) ulokowane są obszary perspektywiczne wystąpienia piasków.

W aspekcie uwarunkowań środowiskowych mogących potencjalnie ograniczać warunki poszukiwania i rozpoznawania złóż węglowodorów w granicach obszaru przetargowego należy zwrócić uwagę także na czynniki hydrogeologiczne: około połowa charakteryzowanej jednostki (począwszy od jej centralnej części aż do wschodniej granicy) znajduje się w zasięgu występowania głównego zbiornika wód podziemnych nr 151 (Turek–Konin–Koło), dla którego średnia głębokość ujęć kształtuje się na poziomie 90 m. Z kolei północna część opisywanej jednostki narażona jest na podtopienia – są to tereny dolinne Warty, największej rzeki przepływającej przez obszar „Malanów”.

Również w północnej części obszaru przetargowego znajdują się tereny podlegające ochronie prawnej na mocy przepisów ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o *ochronie przyrody* (Dz.U. z 2013 r., poz. 627 z późn. zm.). Wśród obszarowych form chronionych znajdują się tam: Nadwarciański Park Krajobrazowy, Pyzdrowski Obszar Chronionego Krajobrazu oraz obszary sieci Natura 2000: Dolina Środkowej Warty (obszar ptasi) i Ostoja Nadwarciańska (obszar siedliskowy). Pozostałe obszary prawnie chronione są zlokalizowane na północ od linii Turek–Tuliszków – jest to

Złotogórski OchK, który rozciąga się na ok. 14% powierzchni obszaru „Malanów”.

Poza obszarami chronionymi, za cenne przyrodniczo należy uznać występujące w rejonie miejscowości Rzgów, Rychwał, Grodziec, Mycielin i Malanów grunty orne wysokich klas bonitacyjnych oraz znajdujące się w okolicach miejscowości Grodziec i Tuliszków łąki wytworzone na glebach pochodzenia organicznego. W strukturze zagospodarowania terenu uwagę zwracają także duże kompleksy leśne zlokalizowane pomiędzy Grodzcem, Mycielinem i Malanowem oraz na południe od wsi Władysławów.

Mapa środowiskowa obszaru „Malanów” znajduje się na Fig. 1.3., a objaśnienia do niej na Fig. 1.4.

2. BUDOWA GEOLOGICZNA

2.1. STRATYGRAFIA

2.1.1. KARBON

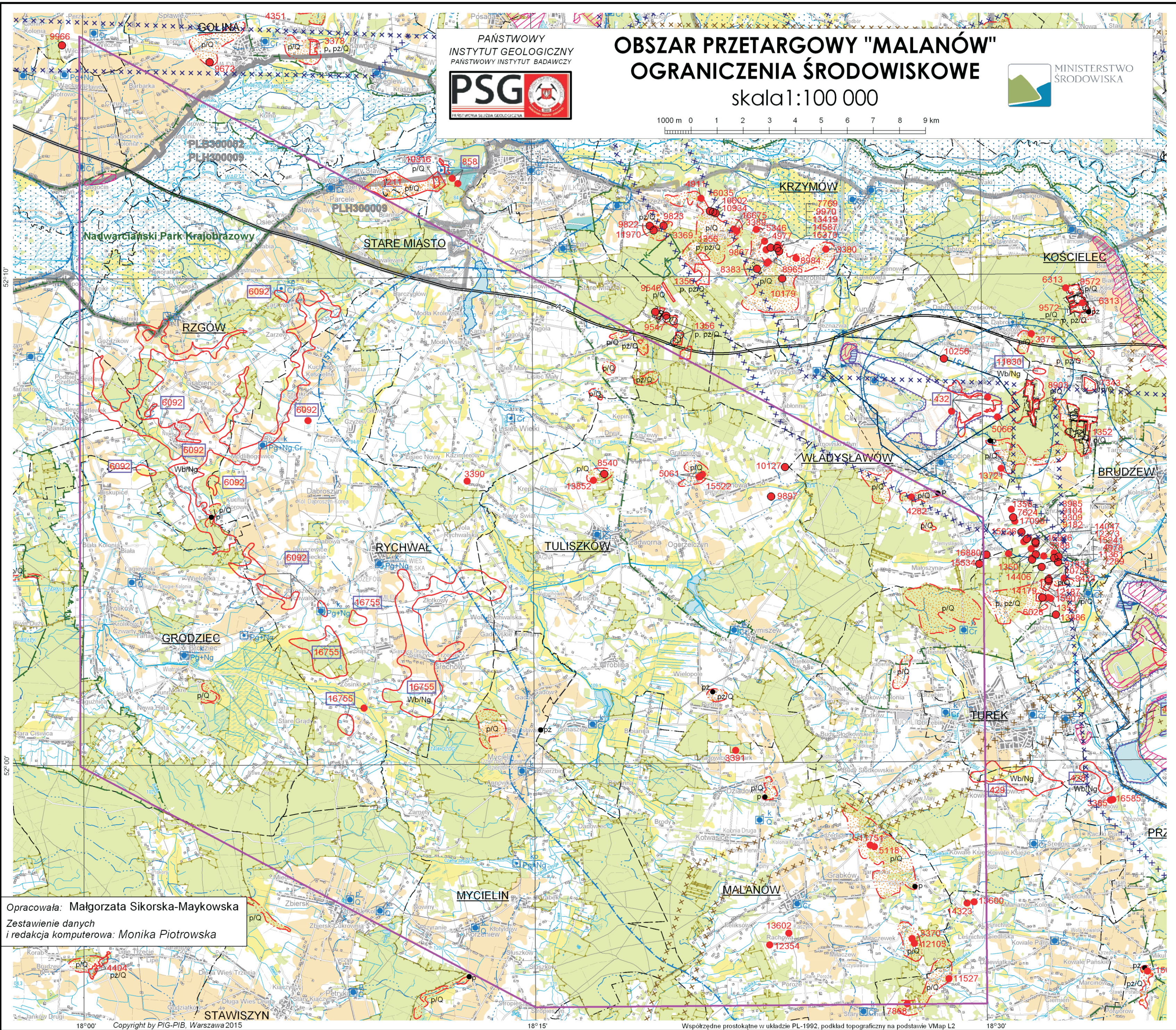
Litologia i stratygrafia utworów karbonu w obszarze przetargowym „Malanów” jest znana tylko z opisów rdzeni bocznych w wierceniu Malanów 1. Dodatkowo wykorzystano wyniki opisu utworów karbonu z wiercenia Zakrzyn IG 1 znajdującego się niedaleko południowej granicy obszaru przetargowego „Malanów”.

Karbon w wierceniu Malanów 1 ($>45 \text{ m}$) to osady klastyczne: piaskowce, mułowce i ilowce. Piaskowce są źle wysortowane, drobnoziarniste i gruboziarniste, opisane jako skalenioowo-lityczne arenity przechodzące w lityczne arkozy z częstą domieszką łyszczyków (mik). Występuje plamista

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „MALANÓW”				
1.	LOKALIZACJA OBSZARU PRZETARGOWEGO „MALANÓW” NA MAPIE	nazwa i numer arkusza mapy w skali 1:50 000	Golina 512; Rychwał 548; Tuliszków 549; Stawiszyn 585, Kotwasice 586;	
2.	POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE	województwo	wielkopolskie	
		powiat	śłupecki	
		gmina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	Ślupca (0,17%), Łądek (1,08%), Zagórów (1,03%);	
		powiat	koniński	
		gmina	Golina (2,21%), Rzgów (11,15%), Grodziec (10,14%), Rychwał (13,42%), Stare Miasto (8,00%), Krzymów (0,54%);	
		powiat	turecki	
		gmina	Władysławów (3,34%), Turek (0,78%), Turek (5,97%), Kawęczyn (1,03%), Malanów (11,10%), Tuliszków (17,05%), Brudzew (0,01%);	
		gmina	kaliski	
gmina	Mycielin (10,21%), Ceków-Kolonia (0,40%), Stawiszyn (2,28%), Blizanów (0,09%);			
3.	REGIONALIZACJA FIZYCZNO – GEOGRAFICZNA (wg KONDRACKIEGO, 2009)	makroregion	Nizina Południowowielkopolska (318.1–2)	
		mezoregion	Dolina Konińska (318.13); Równina Rychwańska (318.16); Wysoczyzna Turecka (318.17)	
4.	WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCY CH GRANICE OBSZARU „MALANÓW”	układ PL-1992 [Y; X]	465621,51	450191,19
			448432,37	450309,15
			431245,53	459747,36
			431628,47	487544,58
			448719,28	478106,14
			465748,96	468692,97
5.	POWIERZCHNIA OBSZARU „MALANÓW”	[km ²]	876,63	
6.	CEL KONCESJI		poszukiwanie złóż węglowodorów	
7.	WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ		perm	
8.	PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:	[tak/ nie]		
	parki narodowe		nie	
	rezerваты		nie	
	parki krajobrazowe		Nadwarciański PK (3%)	
	obszary chronionego krajobrazu		Pyzdrowski OChK (6%); Złotogórski OChK (14%);	
	Natura 2000 – SOO		PLH300009 Ostoja Nadwarciańska (7%)	
	Natura 2000 – OSO		PLB300002 Dolina Środkowej Warty (5%)	
zespoły przyrodniczo-krajobrazowe		nie		
9.	GLEBY CHRONIONE	[tak/ nie]	tak	
10.	KOMPLEKSY LEŚNE	[tak/ nie]	tak	
11.	GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH	[tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie]	151 – Zbiornik Turek–Konin–Koło; Cr ₃	
12.	STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY	[tak/ nie]	nie	
13.	STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ	[tak/ nie]	nie	
14.	TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI	[tak/ nie]	tak	
15.	UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (węgiel brunatny, piaski, piaski i żwiry, piaski formierskie)	
16.	OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (piaski i żwiry, piaski)	

Figura 1.3. Mapa środowiskowa obszaru przetargowego „Malanów”.

Figura 1.4. Objaśnienia do mapy środowiskowej obszaru „Malanów”.



OBJAŚNIENIA DO MAPY OGRANICZEŃ ŚRODOWISKOWYCH OBSZARU PRZETARGOWEGO "MALANÓW"

(opracowano na podstawie bazy MGŚP z zasobów PIG-PIB)

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA

	ropy i łupki ilaste
	piaski
	piaski kwarcowe
	piaski formierskie
7351	identyfikator z bazy MIDAS złoża mało konfliktowego
3479	identyfikator z bazy MIDAS złoża konfliktowego
444	identyfikator z bazy MIDAS złoża bardzo konfliktowego
	granica złoża o zasobach udokumentowanych w kategoriach A+B+C ₁ i C
	granica złoża o zasobach udokumentowanych w kategorii C ₂
	granica obszaru prognostycznego
	granica obszaru perspektywicznego
	złóże o powierzchni ≤ 5 ha

GÓRNICZTWO I PRZETWÓRSTWO KOPALIN

	granica obszaru górniczego
	granica terenu górniczego
	obszar i teren górniczy złoża o powierzchni ≤ 5 ha
	wyrobisko (zarys)
	zwały odpadów mineralnych: eksploatacyjne o powierzchni > 5 ha
	osadniki o powierzchni > 5 ha

Symbol kopaliny:
Wb - węgiel brunatny
me - margle
wme - wapienie i margle, wapienie margliste
i(ic) - ropy i łupki ilaste ceramiki budowlanej
i(ir) - ropy i łupki ilaste o różnym zastosowaniu
g(gr) - gliny o różnym zastosowaniu
pż - piaski i żwiry
p - piaski
pk - piaski kwarcowe
pf - piaski formierskie
t - torfy

Symbol jednostki stratygraficznej:
Q - czwartorzęd
Ng - neogen
Pg - paleogen
Cr - kreda
J - jura

WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

Granice działu wodnego:

	drugiego rzędu
	trzeciego rzędu
	czwartego rzędu
	źródło
	obszar źródłiskowy
	zbiornik retencyjny
	granica głównego zbiornika wód podziemnych wraz z jego numerem
	granica strefy ochrony pośredniej ujęcia wód
	ujęcie wód podziemnych o wydajności ≤ 25 m³/h (k - komunalne, p - przemysłowe, Q - wiek ujmowanych utworów)
	ujęcie wód podziemnych o wydajności 25 - 50 m³/h
	ujęcie wód podziemnych o wydajności ≥ 50 m³/h
	ujęcie wód termalnych
	miejsce zrzutu wód kopalnianych
	granica leja depresyjnego wywołanego eksploatacją wód podziemnych (J - wiek eksploatowanych utworów)
	granica leja depresyjnego wywołanego odwodnieniem górniczym (T - wiek odwadnianych utworów)
	obszary dolinne zagrożone podtopieniami

Położenie obszaru przetargowego
na arkuszach 1:50 000

511 Słupca	512 Golina	513 Konin	514 Kido
547 Trąbaczyn	548 Rychwał	549 Tułczów	550 Tułecz
584 Pleszew	585 Stawiszyn	586 Kobyliszyn	587 Dobra

OCHRONA PRZYRODY I KRAJOBRAZU

	grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych)
	łąki na glebach pochodzenia organicznego
	las
	zieleń urządzona
	granice terenów zarządzanych przez Generalną Dyрекcję Lasów Państwowych
	granica parku krajobrazowego
	granica obszaru chronionego krajobrazu
	granica zespołu przyrodniczo-krajobrazowego
	granica rezerwatu przyrody lub obszaru ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego (K - krajobrazowy, Fn - faunistyczny)
	granica obszaru Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000; kod obszaru
	stanowisko dokumentacyjne przyrody nieożywionej
	obszary predysponowane do występowania ruchów masowych

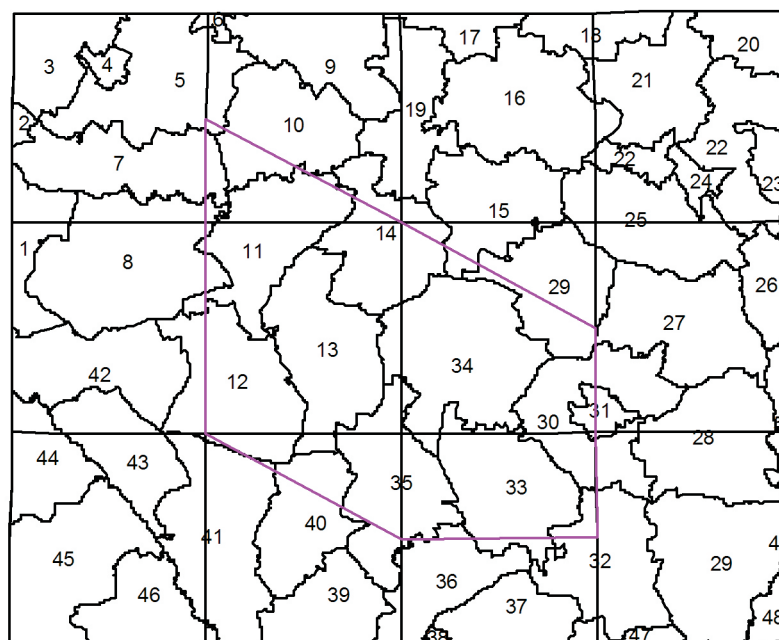
INFORMACJE DODATKOWE

	granica województwa
	granica powiatu
	granica gminy, miasta
	oś autostrady lub drogi szybkiego ruchu

GOŁUCHÓW

	granica obszaru przetargowego
	sieć gazociągów
	sieć energetyczna

Położenie obszaru przetargowego
na tle podziału administracyjnego



woj. WIELKOPOLSKIE

powiat wrzesiński

1 - gm. Pyzdry

2 - gm. Kołaczkowo

powiat słupecki

3 - gm. Strzałkowo

4 - m. Słupca

5 - gm. Słupca

6 - gm. Ostrowite

7 - gm. Łądek

8 - gm. Zagórz

powiat koniński

9 - gm. Kazimierz Biskupi

10 - gm. Golina

11 - gm. Rzgów

12 - gm. Grodziec

13 - gm. Rychwał

14 - gm. Stare Miasto

15 - gm. Krzymów

16 - gm. Kramsk

17 - gm. Ślesin

18 - gm. Sompolno

powiat konin

19 - m. Konin

powiat kolski

20 - gm. Babiak

21 - gm. Osiek Mały

22 - gm. Koło

23 - gm. Grzegorzew

24 - m. Koło

25 - gm. Kościelec

26 - gm. Dąbie

powiat turecki

27 - gm. Brudzew

28 - gm. Przykona

29 - gm. Władysławów

29 - gm. Dobra

30 - gm. Turek

31 - m. Turek

32 - gm. Kawęczyn

33 - gm. Malanów

34 - gm. Tuliszków

powiat kaliski

35 - gm. Mycielin

36 - gm. Ceków-kolonia

37 - gm. Lisków

38 - gm. Koźminek

39 - gm. Żelazków

40 - gm. Stawiszyn

41 - gm. Blizanów

powiat pleszewski

42 - gm. Gizalki

43 - gm. Chocz

44 - gm. Czermin

45 - gm. Pleszew

46 - gm. Gołuchów

woj. ŁÓDZKIE

powiat sieradzki

47 - gm. Goszczanów

powiat poddębicki

48 - gm. Pęczniew

49 - gm. Poddębice

50 - gm. Uniejów

cementacja węglanami (Dokumentacja wiercenia Malanów 1). W osadzie występują również mułowce i iłowce, miejscami zlustrowane. Istotną cechą osadu jest organiczny, zwęglony detrytus oraz piryty i piritobitumeny. W otworze wiertniczym Malanów 1 wiek osadów karbonu został określony na westfal B.

W wierceniu Zakrzyn IG 1 przewiercono 375 m osadów dolnego karbonu reprezentowanego przez osady klastyczne: piaskowce, mułowce i iłowce.

Strop osadów karbonu w otworze „Malanów” 1 znajduje się na głęb. 5319,0 m, a w otworze Zakrzyn IG 1 – 4537,0 m. Różnica w głębokości stropu oraz w stratygrafii osadów wskazuje na zanik osadów westfalu w kierunku zachodnim. Może to być związane z erozją w stropie karbonu lub istnieniem strefy tektonicznej.

2.1.1.1. PETROGRAFIA OSADÓW KARBONU DOLNEGO

Charakterystykę petrograficzną oparto na publikacji Krzemieński (2005) oraz informacjach zawartych w dokumentacjach wynikowych otworów wiertniczych, w których przewiercono karbon, usytuowanych na obszarze przetargowym – Malanów 1 (Frankel i in., 1999) i niedaleko granicy obszaru, na południe od niej – Zakrzyn IG 1 (Deczkowski, 1984).

Karbon to osady klastyczne: piaskowce, mułowce i iłowce. Strop osadów karbonu w otworze Malanów 1 znajduje się na głęb. 5319,0 m, a w otworze Zakrzyn IG 1 – 4537,0 m. W otworze wiertniczym Malanów 1 wiek osadów karbonu został określony na westfal.

Piaskowce charakteryzują się strukturą od bardzo drobno- do gruboziarnistej. Materiał ziarnisty jest przeważnie źle wysortowany. W piaskowcach tych kwarc i skałenie przeważają nad okruchami skał. Prawdopodobnie reprezentują one arenity i waki, głównie arkozowe, subarkozowe i sublityczne. Wśród skał występują plagioklasy i skałenie potasowe. Okruchy skał reprezentują głównie fragmenty skał magmowych i metamorficznych. Powszechne są łuszczyki. Występuje również zwęglony detrytus roślinny. Spoiwo piaskowców tworzy matriks ilasto-kwarcowe, autigeniczne minerały ilaste oraz węglany, miejscami pirit. Piaskowce charakteryzują się bardzo niską porowatością. W otworze wiertniczym Zakrzyn IG 1 wartości porowatości wahają się od 0 do 9%, przeważnie 1–2%, a przepuszczalność wynosi <0,1 mD.

Mułowce i iłowce charakteryzują się strukturą aleurytowo-pelitową i teksturą bezładną lub kierunkową. Obserwuje się przeławienia mułowców i iłowców. Zawierają one obfity, zwęglony detrytus roślinny, co może wskazywać, że utwory te mogą być źródłem węglowodorów.

2.1.2. PERM–CZERWONY SPĄGOWIEC

Basen osadowy czerwonego spągowca w Polsce tworzą iłowce, mułowce i pyłowce plał, piaskowce eoliczne i fluwialne oraz zlepienie stożków aluwialnych. W piaskowcach o dobrych własnościach zbiornikowych znajdują się liczne złoża gazu ziemnego.

Osady czerwonego spągowca w obrębie obszaru przetargowego „Malanów” zostały rozpoznane jednym głębokim wierceniem Malanów 1 wykonanym w 1998 r. (Fig. 5.1.) na koncesji Energii Wielkopolskiej SA, należącej do Texaco i El Paso. Czerwony spągowiec występuje na głębokości około 4998 m. W profilu tym stwierdzono utwory górnego czerwonego spągowca o miąższości 322 m reprezentujące prawdopodobnie wyłącznie litostratygraficzną formację Noteci.

Formacja Noteci reprezentowana jest przez piaskowce drobnoziarniste pochodzenia eolicznego, być może fluwialnego,

oraz mułowce być może związane z dystalnymi zasięgami położonego na wschód zbiornika plał. Wchodzi również w rachubę występowanie osadów fluwialnych rozwiniętych od strony zachodniej gdzie znajdowało się paleowyniesienie Pogorzeli, gdzie brak było pokrywy osadowej czerwonego spągowca (Fig. 2.1.). Osady czerwonego spągowca są uszczelnione grubym kompleksem ewaporatów cechsztynu osiagającym w tym profilu około 832 m. Poniżej osadów czerwonego spągowca występują nieprzewiercone utwory karbonu (>56 [45] m) zaliczone do westfalu B (wg oznaczeń firmy Texaco). Wiercenie zakończono na głęb. 5364 m.

Uproszczona stratygrafia osadów w wierceniu Malanów 1 i Zakrzyn IG 1 wg „Stratygraficznej bazy danych permu z północnej Polski” (Wagner i in., 1999).

Malanów 1

Stratygrafia		Strop i spąg [m]	Miąższość [m]
Q + Tr	Czwartorzęd i trzeciorzęd	0–65	65
K	Kreda	65–1346	1281
J	Jura	1346–2343	997
T	Trias	2343–4157	1814
P (PZ)	Cechsztyń	4157–4988	831
P (Pcs)	Czerwony spągowiec	4988–5308	320
C	Karbon	5308–5364	>56

Zakrzyn IG 1 (wiercenie zlokalizowane na SSW od obszaru przetargowego „Malanów”)

Stratygrafia		Strop i spąg [m]	Miąższość [m]
Q + Tr	Czwartorzęd i trzeciorzęd	0–89	89
K	Kreda	89–825	736
J	Jura	825–1824,5	999,5
T	Trias	1824,5–3677	1852,5
P (PZ)	Cechsztyń	3677–4337,5	660,5
P (Pcs)	Czerwony spągowiec	4337,5–4537	199,5
C	Karbon	4537–4912	>375

Na omawianym obszarze celem poszukiwań są piaskowce czerwonego spągowca, które mogą znajdować się pałapkach strukturalnych uszczelnionych solami i anhydrytami cechsztynu lub stratygraficznych uszczelnionych osadami ilastymi i wodą kapilarną (w przypadku występowania piaskowców typu *tight* w systemie BCGS).

Piaskowce te charakteryzują się słabymi własnościami zbiornikowymi lub ich brakiem. Ich charakterystyka pochodzi z analizy krzywych geofizycznych, analizy prób okruchowych i nielicznych rdzeni bocznych. „Czyste” piaskowce stanowią ok. 64% całego profilu. Przewarstwiają się z mułowcami, mułowcami piaszczystymi i piaskowcami mułowcowymi, które mogą reprezentować marginalne osady plał lub osady fluwialne. W profilu osadów czerwonego spągowca w wierceniu Malanów 1 obserwowana jest wyraźna cykliczność depozycji osadów. Charakterystyczna powtarzalna zmienność osadów w

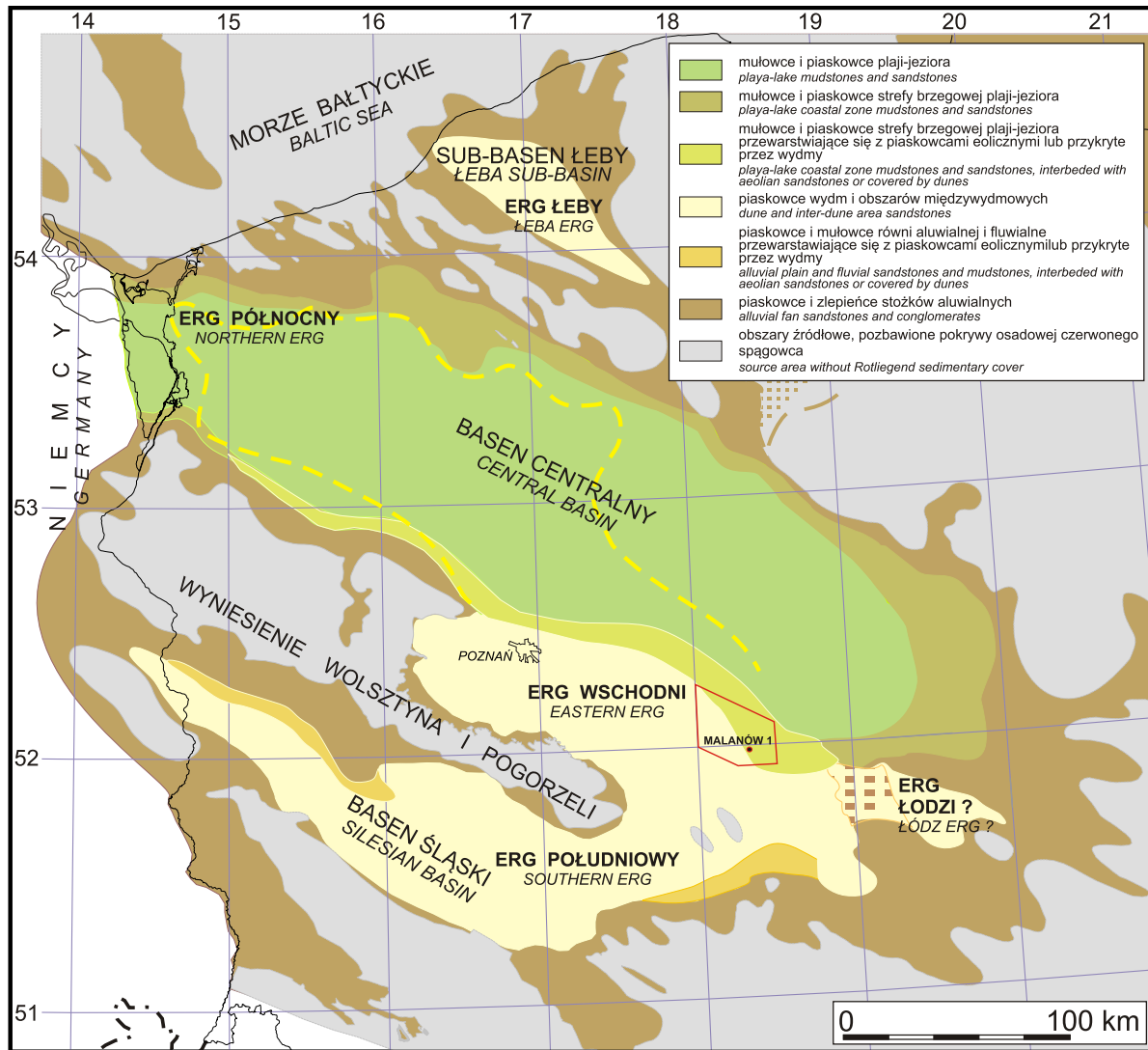


Figura 2.1. Mapa paleogeograficzno-facjalna basenu czerwonego spągowca z zaznaczeniem obszaru przetargowego „Malanów” i lokalizacją wiercenia Malanów 1; wg Kiersnowskiego i in. (2010); żółta przerywana linia oznacza zasięg pokrywy piaskowców eolicznych pod przykryciem osadów plał.

poszczególnych wyróżnionych sekwencjach depozycyjnych (parasekwencjach) upoważnia do zdefiniowania ich jako cyklotemów (Fig. 2.2.).

Wiercenie Malanów 1 zostało umiejscowione na wyniesionym bloku tektonicznym, wcześniej wykartowanym na podstawie zdjęcia sejsmicznego 2D wykonanego przez firmę Texaco. Na zdjęciu tym widoczne są duże bloki tektoniczne zamknięte uskokami o charakterze schodowym, o przebiegu równoległym do skłonu basenu sedymentacyjnego czerwonego spągowca, jak i uskokami o przebiegu prostopadłym do wymienionych (Fig. 2.3). Obszar „Malanów” nadal rokuje nadzieje na istnienie innych, poza wykartowanymi, wyniesień strukturalnych przykrytych osadami cechszynu, co jest przesłanką za poszukiwaniem pułapek strukturalnych uszczelnionych ewaporatami.

Jednak nadal kluczowym problemem jest występowanie w tych strukturach piaskowców posiadających przynajmniej dobre własności zbiornikowe. Ich brak w stropie profilu osadów czerwonego spągowca nie wyklucza możliwości ich wystę-

powania w głębszych partiach struktury. Jednak powstaje problem, czy piaskowce na większej głębokości mogą posiadać dobre własności zbiornikowe? Czy na dużej głębokości, >5000 m, zachowana może być wystarczająca porowatość i przepuszczalność piaskowców, czy mogą to być piaskowce typu *tight*? Nasylenie gazem piaskowców o dobrych własnościach zbiornikowych w odróżnieniu od piaskowców typu *tight* łączy się z częściowo odmiennymi scenariuszami dotyczącymi czasu generacji i migracji gazu. Zachowanie dostatecznej porowatości na dużej głębokości jest możliwe przy istnieniu procesu powstawania tzw. wtórnej porowatości oraz występowaniu stref nadciśnień, które podtrzymują porowatość zmniejszającą się wraz z głębokością pogrzebienia piaskowców i związanego z tym procesu kompaktacji (Seedhouse i in., 1996).

Przyczyna, dla której obszar „Malanów” jest oferowany do przetargu na poszukiwanie, rozpoznawanie i wydobywanie złóż węglowodorów znajduje się w koncepcji występowania gazu w głębokich centrach basenów sedymentacyjnych (model BCGS) (Kiersnowski i in., 2010). Koncepcja ta zakłada, że gaz wyge-

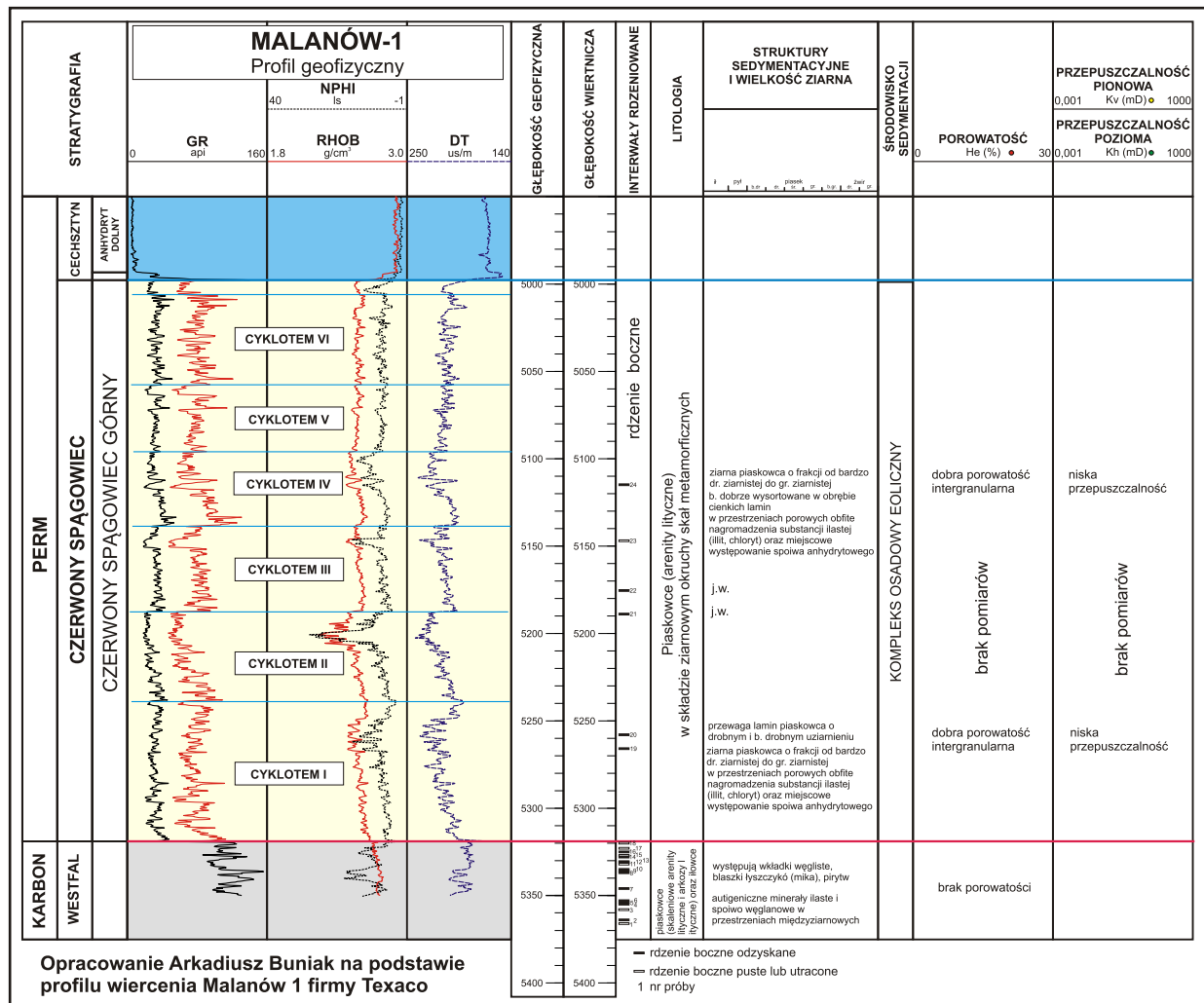


Figura 2.2. Profil osadów czerwonego spągowca i karbonu w wierceniu Malanów 1 (opracowanie Buniak, niepublikowane; uzupełnienie H. Kiersnowski, niepublikowane).

nerowany we wczesnym etapie pograżania centrum basenu mógł migrować ku jego brzegom, gdzie został zatrzymany przez barierę wody kapilarnej. W sytuacji takiego typu uszczelnienia gaz mógł przetrwać i stanowi potencjalne złóż (Wójcicki i in., 2014).

W rozdziale 4 wymienione są konwencjonalne złoża gazu występujące w najbliższej odległości od obszaru Malanów. Są również lub były prowadzone prace nad udokumentowaniem niekonwencjonalnych złóż gazu (tight gas) w pułapkach konwencjonalnych w piaskowcach czerwonego spągowca np. wiercenia Energia Zachód Sp. z o.o. (Trzek-1, -2/2H, -3/3H) na bloku 207 oraz wiercenie PGNiG (Pniewy-4) na koncesji Wronki (blok 185), (Fig. 1.1).

Została przedstawiona korelacja profili czerwonego spągowca z wierzeń Zakrzyn IG 1 i Malanów 1 (Maćkowski, 2008). Wiercenie Zakrzyn IG 1 znajduje się blisko zachodniej granicy obszaru przetargowego „Malanów” (Fig. 2.3.). W utworach czerwonego spągowca z wiercenia Zakrzyn IG 1 wykonano badania petrologiczne i petrofizyczne, dlatego dane te stanowią najlepsze odniesienie do utworów czerwonego spągowca z wiercenia Malanów 1.

Na załączonej korelacji utworów czerwonego spągowca z wierzeń Zakrzyn IG 1 i Malanów 1 (Fig. 2.4.) widoczna jest lepsza porowatość i przepuszczalność piaskowców w profilu czerwonego spągowca w wierceniu Zakrzyn IG 1. Należy wziąć

pod uwagę że spąg piaskowców czerwonego spągowca w wierceniu Zakrzyn IG 1 (ok. –4400 m) jest znacznie wyżej niż strop utworów czerwonego spągowca w wierceniu Malanów 1 (ok. –4850 m). Z tego powodu głębiej pogrzebane piaskowce w wierceniu Malanów 1 mają słabsze własności zbiornikowe (gorszą przepuszczalność i porowatość).

2.1.2.1. WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH

Wyniki badań petrograficznych prowadzonych bezpośrednio na obszarze „Malanów” można uzyskać z dokumentacji otworu Malanów 1 (Frankel i in., 1999) oraz rozprawy doktorskiej Maćkowskiego (2008), poświęconej analizie karbońsko-dolnopermjskiego systemu naftowego. Dodatkowo wykorzystano wyniki analiz petrograficznych i petrofizycznych z otworów wiertniczych Florentyna IG 2 i Zakrzyn IG 1, położonych w pobliżu obszaru przetargowego (Fig. 2.2.; Deczkowski, 1982, 1984; Maliszewska i in., 2003, 2004).

Skały czerwonego spągowca w wymienionych otworach wiertniczych to generalnie osady pochodzenia fluwialnego, aluwialnego i eolicznego.

Osady fluwialne są reprezentowane przez grube warstwy piaskowców, w części zlepieńce. Zostały one opisane na podstawie wyników badań próbek z otworów Florentyna IG 2 i Zakrzyn IG 1. Piaskowce fluwialne charakteryzują się zwykłe

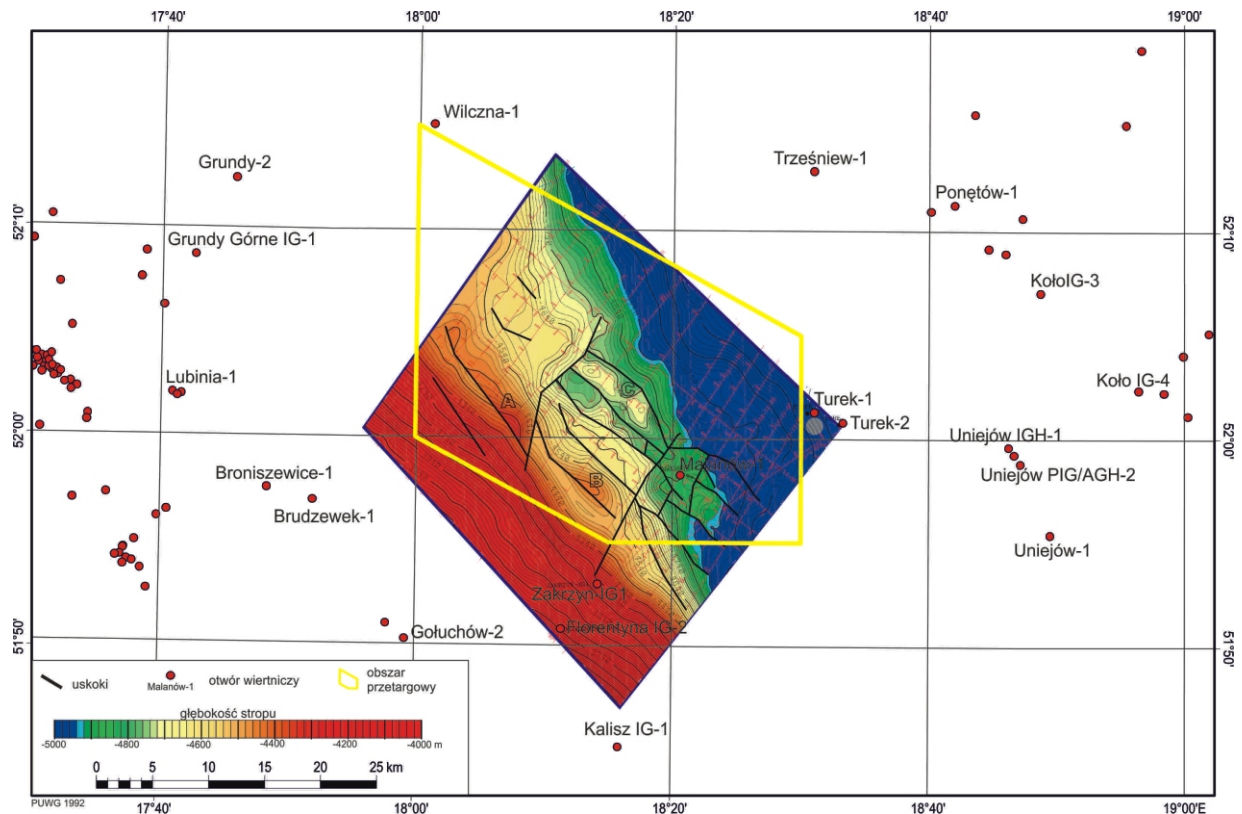


Figura 2.3. Lokalizacja wiercenia Malanów 1 na tle budowy strukturalnej stropu czerwonego spągowca; wg Maćkowskiego (2008).

A–C – antykliny w stropie czerwonego spągowca.

barwą czerwonobrunatną. Wykazują strukturę drobnoziarnistą psamitową, rzadziej psamitowo-psefitową. Wśród piaskowców wyróżniono arenity i waki. Arenity kwarcowe notowano głównie w otworze Florentyna IG 2, arenity sublityczne w otworze Zakrzyn IG 1 (Fig. 2.5.). Opisywane piaskowce zawierają następujące składniki: kwarc, skalenie (skałen potasowy, albit szachownicowy, rzadziej plagioklasy), łuszczyki (głównie muskowit), okruchy skał (fragmenty skał wulkanicznych, osadowych i metamorficznych). Opisywany materiał detrytyczny jest scementowany spoiwem typu kontaktowego i porowego. Występuje tu ilasto-mułkowe matriks, często impregnowane wodorotlenkami i tlenkami żelaza oraz cement. W tym ostatnim notuje się drobno- i średniokrystaliczne węglany (Mn-kalcyt, Fe/Mn-kalcyt, dolomit) i siarczany (anhydryt).

Najmniej licznie występuje kwarc autigeniczny. Miejscami występuje autigeniczny chloryt, tworzący struktury komórkowe oraz włóknisty illit.

Wybrane do badań petrograficznych próbki piaskowców wykazały porowatość w granicach ok. 3%, w otworze Florentyna IG 2 – do 9,24%. Przepuszczalność wynosi najwyżej 0,1 mD.

Osady aluwialne opisano na podstawie próbek z otworu Zakrzyn IG 1. Są to zlepieńce drobnookruchowe, wykazujące strukturę psefitowo-psamitową. Materiał żwirowy zlepieńców z Zakrzyna, to detryt skał osadowych (piaskowce, mułowce, ilowce). W skałach frakcji <2 mm pojawiają się też okruchy kwarcytów, mylonitów, łupków krystalicznych, granitoidów oraz kwaśnych skał wylewnych. Masa wypełniająca zlepieńców odpowiada składem mineralnym arenitom litycznym. W spoiwie

występują minerały ilaste, wodorotlenki żelaza, skupienia sparytu węglanowego, kwarc autigeniczny, często anhydryt.

Wybrane do badań próbki osadów aluwialnych wykazały bardzo niską porowatość (poniżej 3%) i przepuszczalność <0,1 mD.

Osady eoliczne opisano na podstawie próbek z otworów Malanów 1 (Frankel i in., 1999), Florentyna IG 2 i Zakrzyn IG 1. Są to przeważnie piaskowce, drobnoziarniste, dosyć dobrze wysortowane, zaliczane do arenitów kwarcowych i litycznych. Odmiany lityczne przeważają w otworze Malanów 1. Skład materiału detrytycznego to kwarc, skalenie (zbliżony skałen potasowy, mikroklin, albit szachownicowy, oligoklaz), łuszczyki, litoklasty (fragmenty kwarcytów oraz kwarcowych łupków krystalicznych). W spoiwie występują minerały ilaste i pył kwarcowy (najczęściej <10% obj.). Często obserwuje się minerały autigeniczne: włóknisty illit i wachlarzowo wykształcony chloryt. Piaskowce zawierają także węglany (Mn-kalcyt, Fe-kalcyt, dolomit), anhydryt (Fig. 2.6.), kwarc autigeniczny.

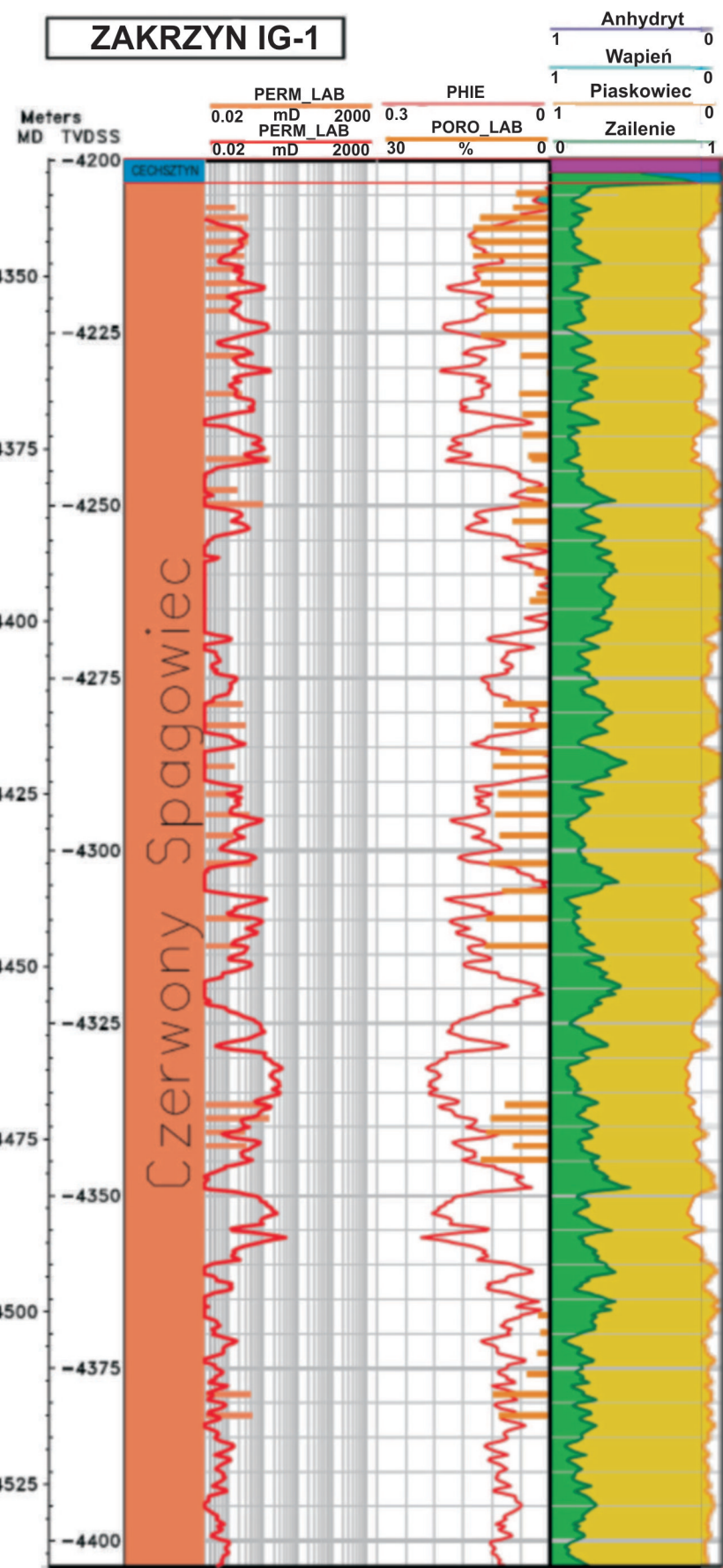
Wśród badanych piaskowców porowatości są dobre – w granicach kilkunastu procent, a przepuszczalność najczęściej <0,1 mD.

Po rozważeniu zebranych wyników badań petrograficznych nasuwają się wnioski:

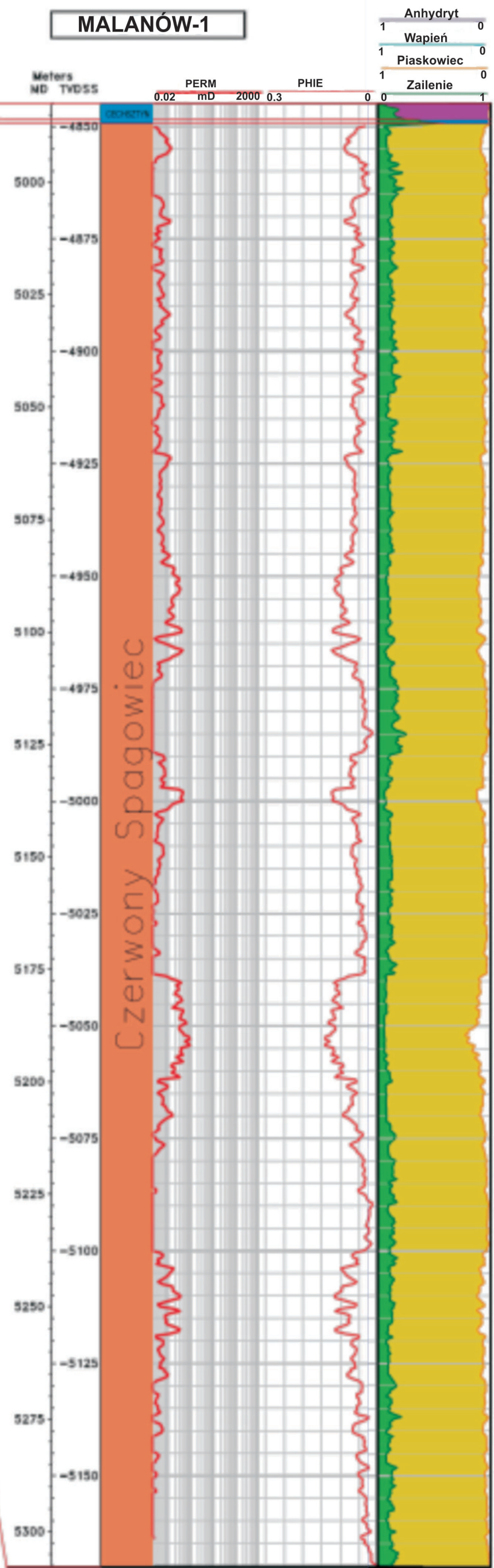
1. Środowisko depozycji osadów miało zasadniczy wpływ na zakres działania procesów diagenetycznych. Poza cechami klimatu, chemizmu wód w zbiornikach kontynentalnych, istotną cechą była zawartość ilasto-pyłastego matriksu, który już w momencie depozycji działał uszczelniająco. Następnie utwory

Figura 2.4. Interpretacja litologiczno-zbiornikowa utworów czerwonego spągowca w otworach Zakrzyn IG 1 i Malanów 1; (wg Wojtowicz, 2006 w Maćkowski, 2008).

ZAKRZYN IG-1



MALANÓW-1



- PHIE porowatość z interpretacji profilowań geofizyki otworowej
- PORO_LAB porowatość laboratoryjna
- PERM_LAB przepuszczalność laboratoryjna
- PERM przepuszczalność z interpretacji profilowań geofizyki otworowej

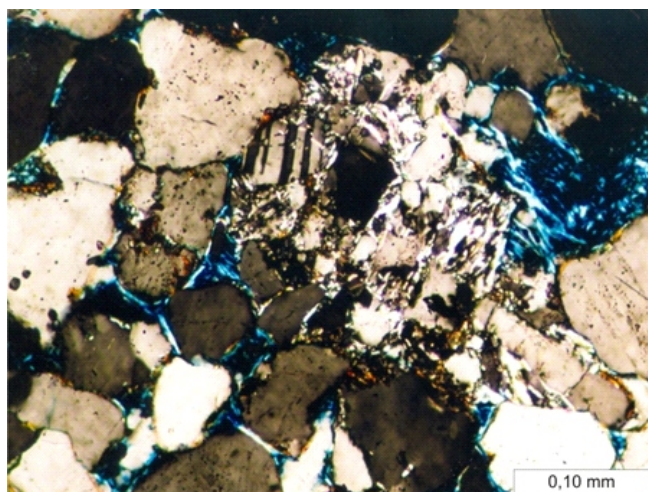


Figura 2.5. Piaskowiec o składzie arenitu sublitycznego; widoczna porowatość międzykrystaliczna (niebieska barwa); próbka impregnowana niebiesko zabarwioną żywicą; otwór Zakrzyn IG 1; głęb. 4512,8 m; nikole skrzyżowane.

czerwonego spągowca poddawane były intensywnie działającym procesom cementacyjnym.

- Większość próbek poddanych badaniom petrofizycznym wykazała niską porowatość i przepuszczalność. Badania za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego ujawniły występującą

powszechnie ultramikroporowatość między- i wewnątrzziarnową. Przyczyną tworzenia się porowatości wtórnej było głównie rozpuszczanie diagenetyczne ziaren skaleni, często także wcześniej utworzonych cementów. Głównymi przyczynami braku przepuszczalności większości omawianych skał są: znaczna zawartość detrytycznych minerałów ilastych lub cementów ortochemicznych (Fig. 2.6.), bądź też obecność autigenicznego illitu w postaci włókien, tworzących strukturę siatkową, nieprzepuszczalną dla węglowodorów płynnych (Fig. 2.7.).

Dobra porowatość, ok. kilkunastu procent, i niska przepuszczalność predestynują te piaskowce jako możliwe do występowania w nich tzw. gazu zamkniętego (*tight gas*). Wiercenie Malanów 1 zostało umiejscowione na wyniesionym bloku tektonicznym, wcześniej wykartowanym na podstawie zdjęcia sejsmicznego 2D wykonanego przez firmę Texaco. Interpretacja tego zdjęcia sugeruje istnienie dużych bloków tektonicznych, zamkniętych uskokami o charakterze schodowym, o przebiegu równoległym do skłonu basenu sedimentacyjnego czerwonego spągowca, jak i uskokami o przebiegu prostopadłym do wymienionych. Interpretacja wskazuje również istnienie antyklin zaznaczonych na mapie symbolami A,B,C (Fig. 2.3).

2.1.3. PERM–CECHSZTYN

Dla poszukiwań wystąpień węglowodorów w cechsztyńnie brane są pod uwagę węglany wapienia cechsztyńskiego

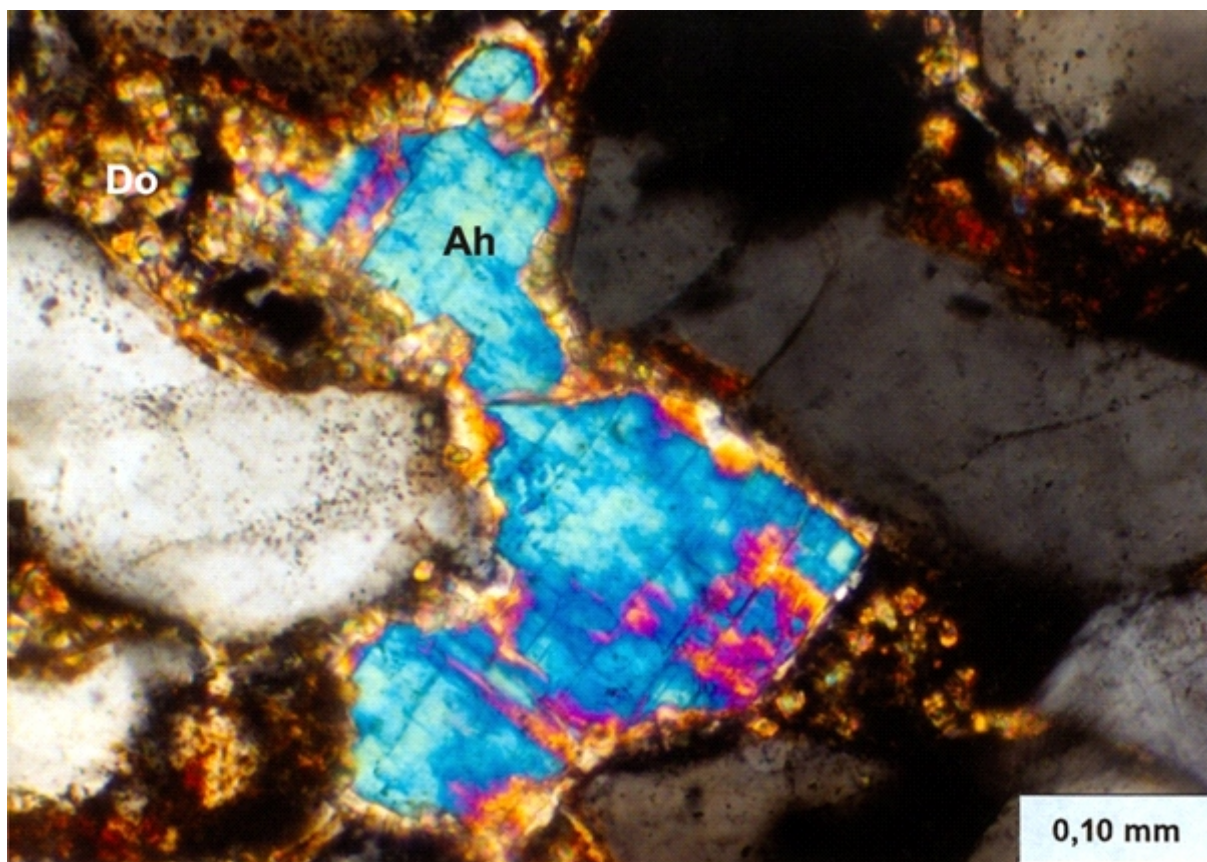


Figura 2.6. Anhydrytowo (Ah)-dolomitowy (Do) cement w arenicie kwarcowym; otwór Florentyna IG 2; głęb. 3881,0 m; nikole skrzyżowane.

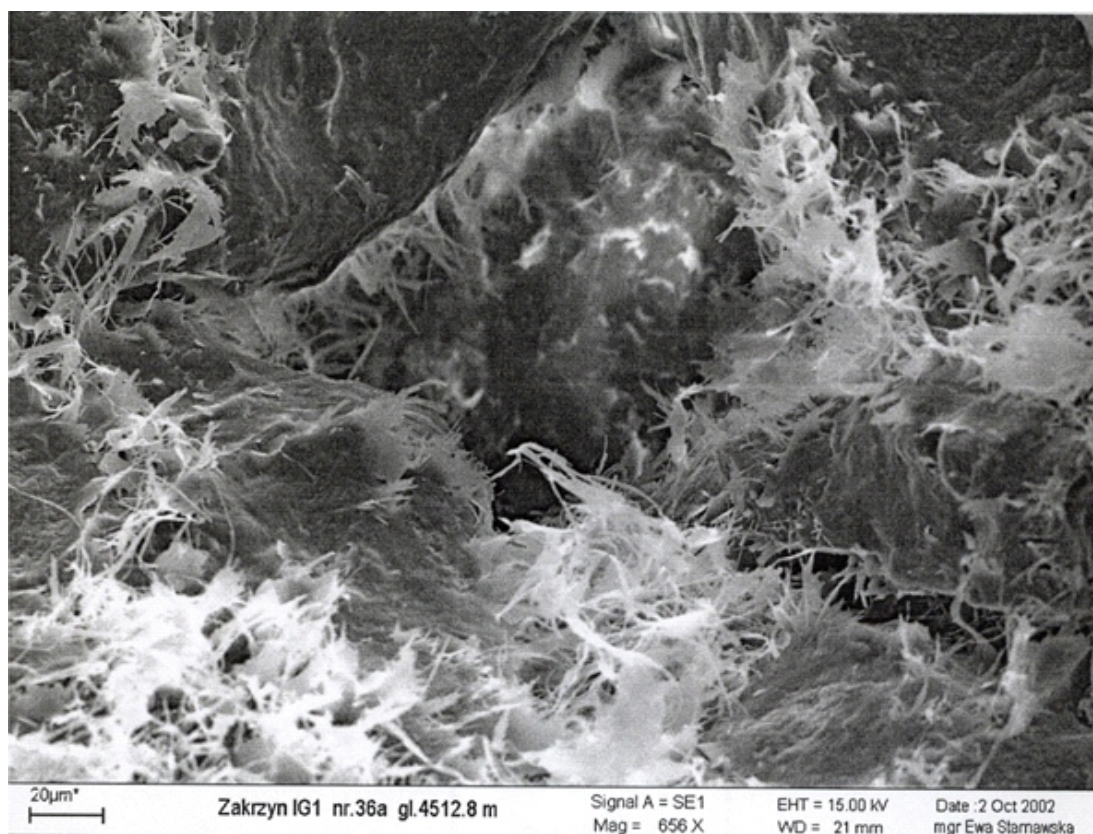


Figura 2.7. Włókniste illity zarastające przestrzeń porową w piaskowcu fluwialnym (wiercenie Zakrzyn IG 1) o składzie arenitu sublitycznego.

Litostratygrafia i miąższość cechsztynu w wierceniu Malanów 1 wg Stratygraficzna baza danych permu z północnej Polski (Wagner i in., 1999).

Litostratygrafia (Wagner, 1999)	Litologia	Oznaczenie (symbole)	Strop i spąg [m]	Miąższość [m]
PZt	Stropowa seria terygeniczna	T	4157–4202	45
PZ4 Cyklotem			4202–4312	110
Na4a + A4ad	Najmłodsza sól kamienna	Na	4202–4284	82
T4a	Czerwony ił solny dolny	T	4284–4312	28
PZ3 Cyklotem			4312–4545	233
Na3	Młodsza sól kamienna	Na	4312–4463	151
A3	Anhydryt główny	A	4463–4541	78
T3t	Szary ił solny	T	4541–4545	4
PZ2 Cyklotem			4545–4625	80
Na2	Starsza sól kamienna	Na	4545–4575	30
A2	Anhydryt podstawowy	A	4575–4611	36
Ca2	Dolomit główny	Ca	4611–4625	14
PZ1 Cyklotem			4625–4988	363
A1g	Anhydryt górny	A	4625–4755	130
Na1g	Najstarsza sól kamienna górna	Na	4755–4825	70
A1s	Anhydryt środkowy	A	4825–4872	47
Na1d	Najstarsza sól kamienna dolna	Na	4872–4907	35
A1d	Anhydryt dolny	A	4907–4983	76
Ca1+T1m	Wapień cechsztyński + łupek miedzionośny	T+Ca	4983–4988	5

mogące stanowić skałę zbiornikową dla gazu pochodzącego z utworów karbonu oraz węglany dolomitu głównego stanowiącego jednocześnie skałę macierzystą i zbiornikową. Litostratygrafia i miąższość cechsztynu w wierceniu Malanów 1 jest przedstawiona w zestawieniu tabelarycznym.

W cechszynie najbardziej interesujący złożowo jest poziom węglanów dolomitu głównego oznaczony w tabeli kolorem niebieskim. Analiza dolomitu głównego w obszarze „Malanów” jest zamieszczona poniżej.

Dolomit główny jest poziomem skał węglanowych występujących u podstawy cechsztyńskiego cyklotemu PZ2 (Wagner, 1994). W poziomie tym występują jednocześnie skały macierzyste i zbiornikowe (Wagner, 1994, 2006; Kotarba & Wagner, 2007) dla węglowodorów. Liczne złoża ropy naftowej, gazu ziemnego lub mieszane odkryte w dolomicie głównym, czynią z tego poziomu jeden z głównych obiektów poszukiwań złóż węglowodorów na Niżu Polskim. Tworzy on zamknięty system hydrodynamiczny izolowany od góry i dołu seriami ewaporatów i stanowi znakomity przykład rozwoju ewaporatowej formacji ropogazonośnej.

Paleogeografia dolomitu głównego była ściśle powiązana z rozwojem bezpośredniego podłoża czyli anhydrytu górnego

cyklotemu PZ1. Rozwój platform anhydrytowych anhydrytu górnego decydował o szerokości i pochyleniu stoków platformy węglanowej dolomitu głównego, a strefa basenowa cyklotemu PZ1 kontynuowała się w dolomicie głównym. W obrazie paleogeograficznym dolomitu głównego wyróżniają się trzy zasadnicze strefy (Wagner, 1994; Dadlez i in., 1998; Wagner i in., 2000), którym odpowiadają odrębne systemy depozycyjne (Jaworowski & Mikołajewski, 2007) :

- równia basenowa,
- stoki platform węglanowych,
- platformy węglanowe.

Przestrzenny układ tych systemów depozycyjnych wraz z ich zróżnicowaniem oraz paleomiąższością przedstawiono na mapie paleogeograficznej dolomitu głównego (Wagner, 2012), której fragment dotyczący obszaru „Malanów” został przedstawiony na Fig. 2.8.

Obszar „Malanów” znajduje się na południowo-zachodnim skłonie centralnej, najbardziej miąższej części basenu cechsztyńskiego. Osady cechsztynu w profilu wiercenia Malanów 1 mają sumaryczną miąższość 831 m. Specyfiką tego profilu, scharakteryzowanego w rozdz. 5, jest prawdopodobne

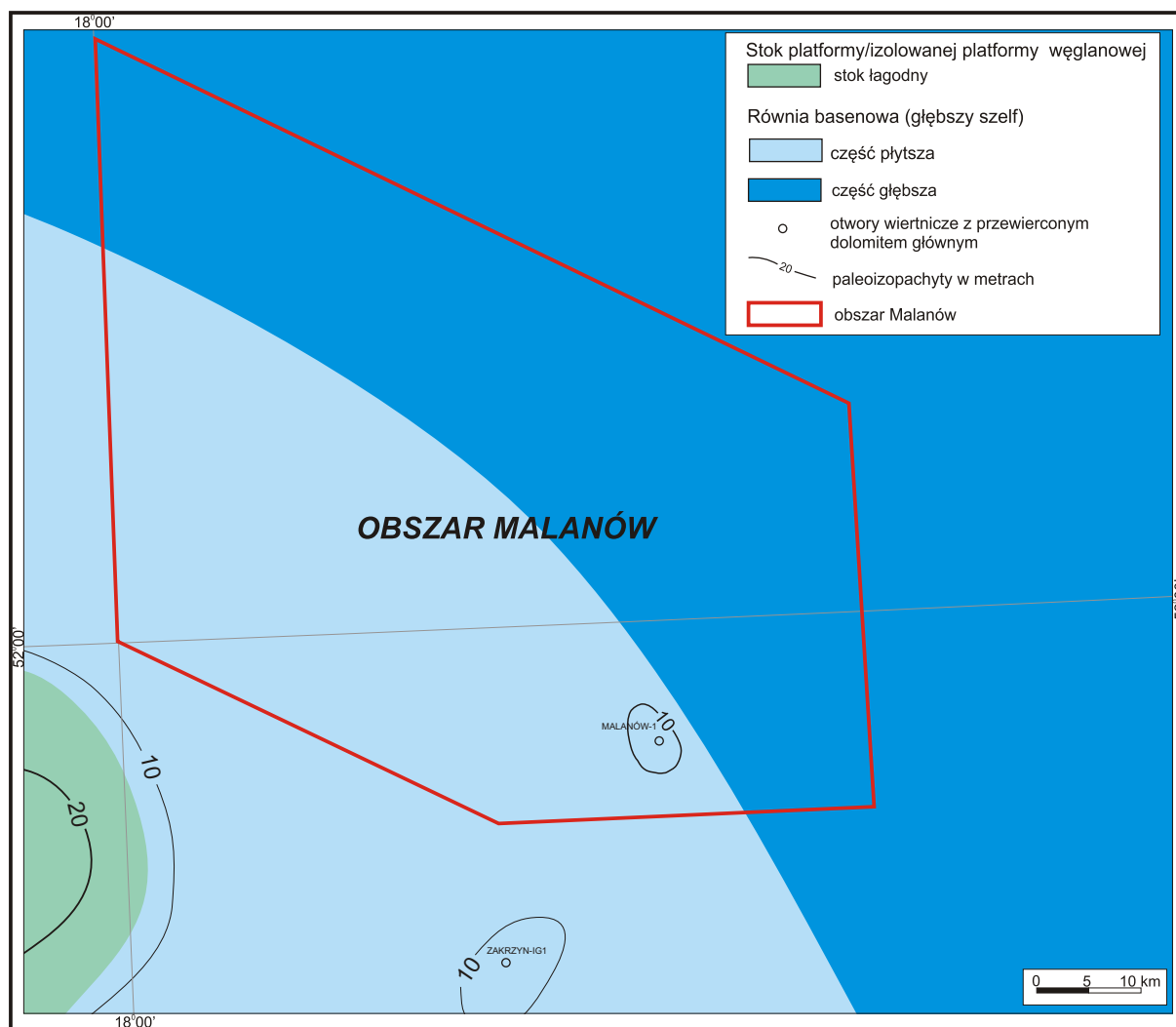


Figura 2.8. Paleogeografia dolomitu głównego Ca2 w rejonie obszaru przetargowego „Malanów”, wg Wagnera (2012).

występowanie węglanów (dolomitów) i mułowców w spągowej części najstarszej soli kamiennej górnej (Na1g), świadczące być może o okresowej aktywności tektonicznej tego bloku (okresowym wypiętrzeniu; Fig. 5.1.). W innym przypadku może to być błędna interpretacja tzw. zwiercin separowanych z płuczki wiertniczej. Jest również brana pod uwagę interpretacja, że opisywane wystąpienia skał ilastych i węglanowych są związane z uskokiem znajdującym się w tej części profilu.

„Obszar „Malanów”, w dolomicie głównym (Ca2), położony był w zachodniej części równi basenowej, na dalekim przedpolu platformy wielkopolskiej, która rozwinęła się na obszarze centralnej bruzdy sedimentacyjnej odziedziczonej po cykloteście PZ1 i usytuowanej na platformie paleozoicznej między strefą tektoniczną T-T i frontem fałdowań waryscyjskich. Systemy depozycyjne osadów równi basenowej charakteryzują się kondensacją i niskoenergetycznym środowiskiem sedimentacji, poniżej podstawy fałowania. Miąższość osadów węglanowych jest z reguły <10 m, a bardzo często nie przekracza 5 m. W obrębie równi basenowej można tu wyróżnić dwie strefy:

- część głębszą,
- część płytszą.

Głębsza część równi basenowej była kontynuacją rozwoju depocentrum cyklotemu PZ1 w fazie sedimentacji ewaporatów. W dolomicie głównym tworzyły się tu ciemnoszarej barwy mikryty (madstony) laminowane - rytmity, wapienne i dolomitowe, o małej miąższości (najczęściej <10 m.). Laminacja jest gęsta i występuje w odstępach milimetrycznych, a ciemnoszare, prawie czarne laminy były zbudowane z substancji ilastej i substancji organicznej. Substancja organiczna pochodzi prawdopodobnie z opadu szczątków martwego fitoplanktonu. Osady te powstały w głębokim basenie sedimentacyjnym na obszarze bruzdy centralnej, stanowiącej depocentrum cyklotemu PZ2, którego maksymalna głębokość mogła dochodzić do 400 m, a sedimentacja odbywała się w warunkach redukcyjnych.

Płytsza część równi basenowej występowała na obrzeżach części głębszej. Tworzyły się tu głównie dolomity; przewarstwienia madstonów warstwowanych występują w odstępach centymetrycznych (Protas, 1990). W strefach najpłytszych pojawiają się cienkie przewarstwienia wakstonów i niekiedy pakstonów utworzonych w wyniku działania dennych prądów trakcyjnych lub prądów zawieszinowych. Muły węglanowe były miejscami stabilizowane mikrobialnie. Przerosty i cienkie przewarstwienia mikrobialne mogły powstać przez zasiedlenie dna przez sinice bentoniczne, w płytszym etapie rozwoju basenu, lub przez opad szczątków fitoplanktonu. Miąższość dolomitu głównego waha się od kilku do kilkunastu metrów, a lokalnie może wzrosnąć do dwudziestu kilku metrów.

W obrębie płytszej równi basenowej występują miejscami izolowane mikroplatformy węglanowe utworzone na wypiętrzeniach morfologicznych dna basenu. Poznano ich kilkanaście i są one zgrupowane głównie w otoczeniu platformy gorzowskiej, w dużej zatoce zielonogórskiej, na SE platformy pomorskiej i pojedyncze w zatoce nadbałtyckiej (Wagner, 1994; Dadlez i in., 1998). Powierzchnia tych mikroplatform waha się od kilku do kilkudziesięciu kilometrów kwadratowych. Miąższość dolomitu głównego zmienia się w szerokich granicach, od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Litofacjalnie profile dolomitu są bardzo urozmaicone w zależności od wielkości mikroplatform. Większe z nich mają budowę zbliżoną do dzisiejszych atolów, z onkoidowo-ooidowymi barierami i otaczającymi spokojniejszą lagunę (np. Peryt & Dyjaczynski, 1991). Generalnie sedimentacja odbywała się tu

w warunkach wysokiej energii hydrodynamicznej oraz świeżych (o mniejszym zasoleniu) wód morskich. Typowy, o ile można tak powiedzieć, profil jest w zasadzie trójdzielny. W dolnej części przeważają bandstony i pakstony bioklastyczne, rzadziej greinstony, w środkowej części wakstony, rzadziej madstony, z przewarstwieniami pakstonów, w górnej dominują greinstony onkoidowo-ooidowe, stabilizowane mikrobialnie z poziomami bandstonów cjanobakteryjnych. Bardzo charakterystyczne jest występowanie znacznych nagromadzeń budowli mikrobialnych typu stromatolitów kopułowych i trombolitów oraz obfitość gruboskorupowej fauny małżów i ślimaków. Stoki mikroplatform są z reguły dość strome i często występują tu brekcje i spływy grawitacyjne osadów oraz osady prądów zawieszinowych.

Na większej części obszaru przetargowego „Malanów”, występuje płytsza część równi basenowej a od wschodu przylegają do niego obszary głębszej części równi basenowej. Obszar „Malanów” jest rozpoznany jednym otworem wiertniczym Malanów 1, niestety bezrdzeniowo. Miąższość dolomitu głównego w Malanowie 1 wynosi 14 m. O wykształceniu dolomitu głównego możemy jedynie wnioskować na podstawie porównań z sąsiednimi obszarami i nielicznymi profilami wiertniczymi z tej części równi basenowej. Zmienność litologiczna osadów Ca2 równi basenowej jest relatywnie nieduża i dolomit główny płytszej części równi basenowej obszaru przetargowego „Malanów” jest z dużym prawdopodobieństwem podobnie wykształcony, jak w innych profilach tej strefy. Dolomit główny w otworze Malanów 1 ma miąższość 14,0 m i zbudowany jest prawdopodobnie z dolomitowych mikrytów (madstonów), regularnie warstwowanych i laminowanych substancją ilasto-organiczną, tak jak profil z Ca2 z otworu wiertniczego Zakrzyn IG 1 i nieco dalej położony otwór Florentyna IG 2 (zob. Peryt, 1983, 1992). Środowisko sedimentacji było bardzo spokojne, czasami stagnujące, w którym osadzały się sublitoralne muły węglanowe, poniżej podstawy fałowania. Były to osady z zawiesziny, rzadziej osady słabych, dennych prądów trakcyjnych. Widoczna jest biostabilizacja osadów w postaci lamin organiczno-ilastych zawierających przerosty i filamenty mikrobialne.

Wschodni odcinek obszaru przetargowego „Malanów” jest położony w głębszej części równi basenowej nie rozpoznanej wiertniczo. Można się spodziewać pewnych analogii do profilu z otworu wiertniczego Szubin IG 1, usytuowanego daleko na NE od omawianego obszaru. Ca2 ma w Szubinie miąższość zaledwie 4 m (wg rdzenia 3,75 m) i jest wykształcony jako wapienny madston, poziomo laminowany (laminity). Środowisko sedimentacji było bardzo spokojne, stagnujące. Były to wapienne muły węglanowe utworzone poniżej podstawy fałowania z zawiesziny bardzo gęsto laminowane szaro-czarną substancją organiczno-ilastą, pochodzącą zapewne z okresowych zakwitów fitoplanktonu.

50 km na NW od otworu Malanów 1 odkryto w strefie płytszej części równi basenowej 2 nieduże izolowane mikroplatformy węglanowe: Grundy i Grundy Wielkie (Wagner, 2012). Na obszarze większej mikroplatformy Grundy stwierdzono otworem wiertniczym Grundy 2 profil Ca2 o miąższości 31,0 m, wykształcony w facji onkoidowo-ooidowej. Były to piaski węglanowe pery- i sublitoralne utworzone w aktywnym hydrodynamicznym środowisku, powyżej podstawy fałowania, tworzące strefę barierową.

Osady dolomitu głównego z otworów wiertniczych Malanów 1 i Zakrzyn IG 1 należą do systemu zwartych kompleksów skał macierzystych typu madstonów, powszechnie występujących w obszarze równi basenowej (Wagner, 2006; Kotarba & Wagner, 2007). Jest wysoce prawdopodobne, że na całym obszarze

„Malanów” występują podobne skały. Istnieje jednakże prawdopodobieństwo wykrycia w płytszej części równi basenowej izolowanych mikroplatform węglanowych, ze skałami zbiornikowymi.

W związku z tym na obszarze Malanowa występują dwa obszary o zróżnicowanej perspektywiczności w dolomicie głównym:

- strefę płytszej części równi basenowej należy traktować jako obszar perspektywiczny,
- strefę głębszej części równi basenowej należy traktować jako obszar o bardzo małej perspektywiczności.

2.1.4. TRIAS

W planie struktur podkenozoicznych obszar „Malanów” jest zlokalizowany w centralnej części niecki łódzkiej, na jej zachodnim skłonie (Górecki, 2006; Narkiewicz & Dadlez, 2008). Strop triasu położony jest na głębokości między 1500 i 2600 m p.p.m., zapadając generalnie ku wschodowi (Górecki, 2006). Trias rozpoznany jest jednym otworem wiertniczym – Malanów 1. Według modeli regionalnych miąższość triasu na obszarze „Malanów” waha się między ok. 1700 i 2100 m i zwiększa się generalnie z południa na północ. W otworze Malanów 1 wynosi ona 1803 m, przy czym na trias górny przypada 407,5 m, na trias środkowy – 289,5 m, a na trias dolny – 763 m (CBDG, 2015). Profil triasu jest zdominowany przez osady iłowcowe i mułowcowe, głównie czerwono-brunatne i pstre. Miejscami w górnym triasie i głównie w triasie środkowym występują szare iłowce. W górnym triasie dość często występują przewarstwienia dolomitów i anhydrytów, podrzędnie piaskowców (CBDG, 2015). W triasie środkowym, zwłaszcza w jego dolnej części, dominują wapienie i margle (Gajewska, 1977; CBDG, 2015). Wyższa część dolnego triasu jest wykształcona w postaci przewarstwiających się wapieni, anhydrytów, iłowców i mułowców (Kulikowski, 1977). W środkowej części dolnego triasu osady iłowcowe i mułowcowe przewarstwione są piaskowcami. Najniższy trias reprezentuje jednorodna iłowcowo-mułowcowa formacja o miąższości 300–400 m, z nielicznymi, cienkimi przewarstwieniami wapieni. W dolnym triasie dominują brązowo-czerwone barwy osadów. Środowisko sedymentacji triasu dolnego interpretowane jest jako laguna o obniżonym zasoleniu przechodząca w równię aluwialną, a następnie w lagunę o podwyższonym zasoleniu (Iwanow & Kiersnowski, 1998; Iwanow, 1998). Trias środkowy był deponowany w płytkim zbiorniku morskim oraz na jego obrzeżach (Iwanow, 1998). Osady triasu górnego są głównie osadami równi aluwialnej i laguny o podwyższonym zasoleniu (Iwanow, 1998).

2.1.5. JURA

Spąg utworów jurajskich na obszarze „Malanów” znajduje się na głębokości od 2198,0 m (Turek 1) w centralnej części niecki mogileńskiej do 1824,5–1840,0 m w jej brzeżnych strefach (otwory Zakrzew IG 1, Wilczna 1) (CBDG, 2015).

Profil jury dolnej na omawianym obszarze jest bardzo zredukowany. Obszar ten leży w brzeżnej strefie tzw. garbu wielkopolskiego, który w jurze dolnej i wczesnej jurze środkowej był przez większość czasu elementem wyniesionym (Dadlez & Franczyk, 1976; Dayczak-Calikowska, 1977; Feldman-Olszewska, 1998a, b). Miąższość utworów dolnojurajskich w otworach otaczających obszar przetargowy (Wilczna 1, Turek 1, 2, Zakrzyn IG 1, Florentyna IG 2, Grundy Górne IG 1) wynosi od 56,9 m we wschodniej części (Turek 2) do 318,0 m w części zachodniej (Grundy IG 1) (CBDG, 2015). Wschodnia i

północno-wschodnia część obszaru przetargowego jest położona w strefie zasięgu garbu wielkopolskiego, dlatego profil jest tu najsilniej zredukowany i ograniczony do drobnoziarnistych piaskowców, na podstawie korelacji regionalnych zaliczanych do plienschbachu (Dadlez & Franczyk, 1976, 1977). W miarę przesuwania się w kierunku zachodnim i południowym, profil staje się coraz bardziej pełny, typowy dla obszaru monokliny przedsudeckiej (Deczkowski, 1976, 1977) i SE części bloku Gorzowa (Dadlez & Franczyk, 1977). Najbardziej zredukowany jest tu profil hettangu i synemuru, wykształcony w postaci piaskowców i heterolitów, z wkładkami mułowców. Ich miąższość w otworze Zakrzyn IG 1 wynosi 34,5 m, w wierceniu Florentyna IG 2 jest ona nieco większa (82,5 m), gdyż otwór ten położony jest w pobliżu strefy rowów Poznań-Kalisz-Kamieńsk (Deczkowski, 1977). Występujący powyżej około 20–25 m miąższości kompleks iłowcowy odpowiada prawdopodobnie formacji łobeskiej (plienschbach dolny), a nadległy kompleks piaskowcowy z mułowcami w stropie i o miąższości odpowiednio 82,5 i 102,5 m reprezentuje formację komorowską (plienschbach górny) (Pieńkowski, 2004). Ku północy miąższość dolnej i środkowej części jury dolnej (hettang–plienschbach) maleje; w otworze Wilczna 1 miąższość nierozdzielonych utworów tego wieku wynosi jedynie 113,0 m. Toark reprezentują: formacja ciechocińska (toark dolny) i formacja borucicka (toark górny), mające typowe dla Niżu Polskiego wykształcenie. Pierwszą tworzą iłowce i mułowce barwy szarzielonej, drugą kompleks drobnoziarnistych piaskowców barwy białej i jasnoszarej.

Między jurą dolną i środkową na całym obszarze „Malanów” istnieje luka sedymentacyjna, której zasięg zwiększa się w kierunku garbu wielkopolskiego (NE). Profil jury środkowej rozpoczynają utwory bajosu (Zakrzyn IG 1, Florentyna IG 1) lub batonu (Wilczna 1, Grundy Górne IG 1, Turek 1, 2). Najstarsze utwory reprezentuje tu 20–30 m miąższości kompleks piaskowców wydzielany jako warstwy kościeliskie wieku bajos dolny (Deczkowski, 1976, 1977). Osady bajosu górnego są wykształcone w postaci kompleksu ciemnoszarych łupków ilastych z konkrecjami i wkładkami syderytów oraz kilkumetrową warstwą piaskowca w stropie (Dayczak-Calikowska, 1977; Deczkowski, 1977). Miąższość górnego batonu w omawianych otworach, czyli w pobliżu południowej granicy obszaru przetargowego „Malanów”, wynosi 50,0 m i 77,5 m. Należy się spodziewać, że przemieszczając się w kierunku północnym i wschodnim, miąższość utworów bajosu będzie malała do zera. Sugerują to profile pozostałych otworów, w których miąższość bajosu jest mniejsza (Malanów 1) lub utwory te nie występują (Grundy Górne IG 1, Turek 1, 2). Profil batonu na całym obszarze jest zbliżony. W dolnym odcinku są to skały iłowcowe z syderytami i muszlowcami, ku górze profil stopniowo staje się coraz bardziej mułowcowy, a następnie mułowcowo-piaskowcowy. Miąższość batonu waha się w zakresie 92,0–127,7 m. Kelowej jest tu niewielkiej miąższości, ok. kilku, kilkunastu metrów. Są to głównie piaskowce dolomityczne i dolomity reprezentujące kelowej dolny. W stropie występuje warstwa bulasta, często z amonitami, stanowiąca poziom kondensacji obejmujący środkowy i górny kelowej oraz najniższy oksford.

Profil jury górnej na obszarze „Malanów” obejmuje utwory oksfordu, kimerydu oraz dolnego tytonu we wschodniej i północnej części obszaru, natomiast w części SW brak jest utworów tytonu (Dembowska, 1977; Gaździcka, 1998). Miąższość jury górnej jest mało zróżnicowana i wynosi od 524,5 m oraz 558,5 m w otworach Grundy Górne IG 1, Florentyna IG 2 do 645 m w rejonie Turka i 657,5 m w otworze Wilczna 1. Oksford jest wykształcony w facji węglanowej. W dolnym odcinku są to wapienie gąbkowe z krzemieniami, wyżej spotyka

się wapienie pelitowe, organodetrytyczne z fauną koralowcową, małżowa i brachiopodowa (Dembowska, 1977; Deczkowski, 1977). W najwyższym odcinku oksfordu występują wkładki wapieni oolitowych, a w najbardziej północnej części obszaru również wkładki ciemnoszarych mułowców lub iłowców (Kicman, 1970). Miąższość oksfordu wynosi od 335,0 m (Wilczna 1) do 428,5 m (Turek 2). W otworze Grundy Górne IG 1 położonym na zachód od granicy obszaru przetargowego maleje do 218,0 m. Kimeryd dolny charakteryzuje obecność występujących naprzemiennie wapieni marglistych i margli, z wkładkami muszlowców. Miąższość tego kompleksu, wydzielanego jako formacja wapienno-marglisto-muszlowcowa V (Dembowska, 1979), jest w przedziale 83,0–172,5 m. Kimeryd górny wykazuje odmienne wykształcenie. W południowej części obszaru są to iłowce lub mułowce szare i ciemnoszare z wkładkami margli. Węglanowość i udział margli w profilu wzrasta w kierunku północnym oraz ku górze profilu. Utwory te reprezentują formację pałucką (Dembowska, 1979). W północnej i NE części obszaru (Wilczna 1, Turek 1, 2) górny odcinek formacji pałuckiej wiekowo stanowi już dolny tyton (Dembowska, 1977). W otworze Wilczna 1 powyżej formacji pałuckiej obecny jest około 60 m miąższości kompleks wapieni (Kicman, 1970) reprezentujący dolny odcinek formacji kcyńskiej datowany na tyton górny (Dembowska, 1979).

Strop utworów jurajskich występuje na bardzo różnej głębokości: na obszarze niecki mogileńskiej na głęb. od 825 m (Zakrzyn IG 1) i 450,5 (Florentyna IG 2) przez 921,5 m (Wilczna 1) do 1306,0 m (Turek 2); na obszarze monokliny przedsudeckiej na głęb. 101,5 m (Grundy Górne IG 1) (CBDG, 2015).

2.1.6. KREDA

Miąższość utworów kredy na obszarze „Malanów” waha się w granicach od około 400 m w rejonie południowo-zachodniej granicy obszaru do około 1800 m w jego części wschodniej, z czego na dolną kredę przypada nie więcej niż 100 m miąższości, która rośnie ku NE. Największe miąższości kredy występują we wschodniej części obszaru (na NW od antykliny Turka). Generalnie maleją one od NE ku SW.

Tektonika utworów kredy górnej jest na tym obszarze spokojna; nie stwierdza się tu obecności stref uskokowych. We wschodniej części obszaru występuje wyraźna strefa synklinalna rozciągająca się na SW od antykliny Turka (Marek, 1977), ze zwiększoną miąższością kredy górnej. W rejonie otworów Turek 1 i 2 występuje poduszka solna (Dadlez, 1998), ponad którą miąższości kredy są zredukowane.

Kreda leży niezgodnie na zdenudowanej powierzchni utworów jury górnej. Granice pomiędzy piętrami wyznaczone są umownie na podstawie korelacji z sąsiednimi obszarami, opierając się przede wszystkim na podobieństwach litologicznych i miąższościowych oraz charakterystyce petrofizycznej skał w otworach.

Kreda dolna jest reprezentowana stratygraficznie przez odcinek obejmujący walanżyn górny po alb górny. Utwory kredy górnej obejmują wszystkie piętra od cenomanu po mastrycht. Walanżyn górny oraz hoteryw (formacja wrocławska) występują jedynie w NE części obszaru przetargowego „Malanów” i mają bardzo małą miąższość (do kilkunastu metrów). Są to utwory piaszczowcowo-mułowcowo-ilaste. Interwał, któremu przypisuje się wiek barrem-alb środkowy (formacja mogileńska), ma miąższość nie przekraczającą 100 m i dzieli się na 3 części: dolną (ogniwo pagórczańskie) odpowiadającą barremowi i wykształconą w postaci piaszczowców, środkową (ogniwo goplańskie) odpowiadającą aptowi i reprezentowaną przez mułowce i piaszczowce z wkładkami iłowców, oraz górną (ogniwo kruszwickie) odpowiadającą albowi dolnemu-środkowemu i

zbudowaną z piaszczowców. Alb górny (miąższości kilku metrów) jest reprezentowany w spągu przez piaszczowce kwarcowo-glaukonitowe z fosforami, przechodzące ku górze w margle ilaste.

Kredę górną rozpoczynają utwory cenomanu (do ok. 100 m miąższości) reprezentowane przez wapienie i wapienie margliste. Lokalnie wśród wapieni w spągowej lub wyższej partii profilu cenomanu występują serie margli. Turon–niższy koniak (do ok. 400 m) budują wapienie, margle i wapienie margliste. W północno-wschodniej części obszaru przetargowego „Malanów” w górnej partii tego interwału, ponad serią wapienno-marglistą, występują opoki. Wyższy koniak (do ok. 200 m) reprezentowany jest przez różne rodzaje opok, przeważnie opoki ilaste, lokalnie z wkładkami margli. Santon (do ok. 400 m) na przeważającej części obszaru przetargowego „Malanów” jest zbudowany z opok marglistych i wapieni marglistych. W północnej części cały profil jest reprezentowany przez opoki margliste. Kampan (osiągający ponad 400 m miąższości we wschodniej części obszaru) jest reprezentowany przez dominujące opoki. Mniejszy udział w profilu kampanu mają wapienie margliste, a następnie margle i gezy. Mastrycht (miejscami nawet do ok. 200 m miąższości) jest wykształcony w postaci opok, lokalnie być może także gez. Stropowa powierzchnia kredy jest na całym obszarze erozyjna. W zachodniej części kenozoik zalega na utworach kampanu, natomiast na pozostałym obszarze – mastrychtu.

2.1.7. KENOZOIK

Klastyczne osady kenozoiku na obszarze „Malanów” osiągają miąższość około 65 m (profil wiercenia Malanów 1). Nie mają znaczenia zbiornikowego ani uszczelniającego. Są to głównie piaszczowce z przewarstwieniami mułowców.

2.2. BUDOWA STRUKTURALNA

Obszar przetargowy „Malanów” znajduje się w obrębie synklinorium szczecińsko-miechowskiego, w centralnej części jednostki strukturalnej niższego rzędu nazywanej segmentem mogileńsko-łódzkim (Żelaźniewicz i in., 2011).

Powierzchnia spągu cechsztynu zapada w kierunku NE od głębokości ok. 4000–4400 m p.p.m w SW części do głębokości ok. 5300–5400 m p.p.m w NE części (Fig. 2.3.).

Według mapy Kudrewicz (2007; Fig. 2.9.) powierzchnia spągu cechsztynu w części wschodniej zalega nieco głębiej, na głębokości ok. 5700–5800 m p.p.m.

Na mapie strukturalnej stropu czerwonego spągowca opartej na interpretacji profili sejsmicznych wykonanych przez firmę Texaco (Fig. 2.3.) wykartowane są liczne dyslokacje o dominującym kierunku NW–SE. Obserwuje się również kilka uskoku poprzecznych do nich, przebiegających na kierunku NE–SW. Dyslokacje rozcinające spąg cechsztynu mają zrzuty do kilkudziesięciu metrów i wygasają w dolnym cechsztynie.

Na mapie strukturalnej powierzchni podcechsztyńskiej Kudrewicz (2007; Fig. 2.9.), wykartowane są tylko 4 niewielkie dyslokacje o generalnym przebiegu NW–SE zlokalizowane w centralnej części obszaru przetargowego.

Na mapie geologicznej bez utworów czwartorzędowych (Fig. 2.10.) oraz mapie tektonicznej kompleksu cechsztyńskiego (Fig. 2.11.) w zasięgu obszaru przetargowego „Malanów” nie wykartowano nieciągłości tektonicznych. W pobliżu zachodniej granicy obszaru przebiega strefa półrowu tektonicznego zakorzenionego w górnej części utworów cechsztynu i wygasającego w osadach jury dolnej (Rys. 4.16 w pracy Maćkowskiego, 2008). Strefa ta przebiega na kierunku NW–SE. Powierzchnia głównego uskoku zapada w kierunku SW, obniżając osady w tym samym kierunku. W strefie

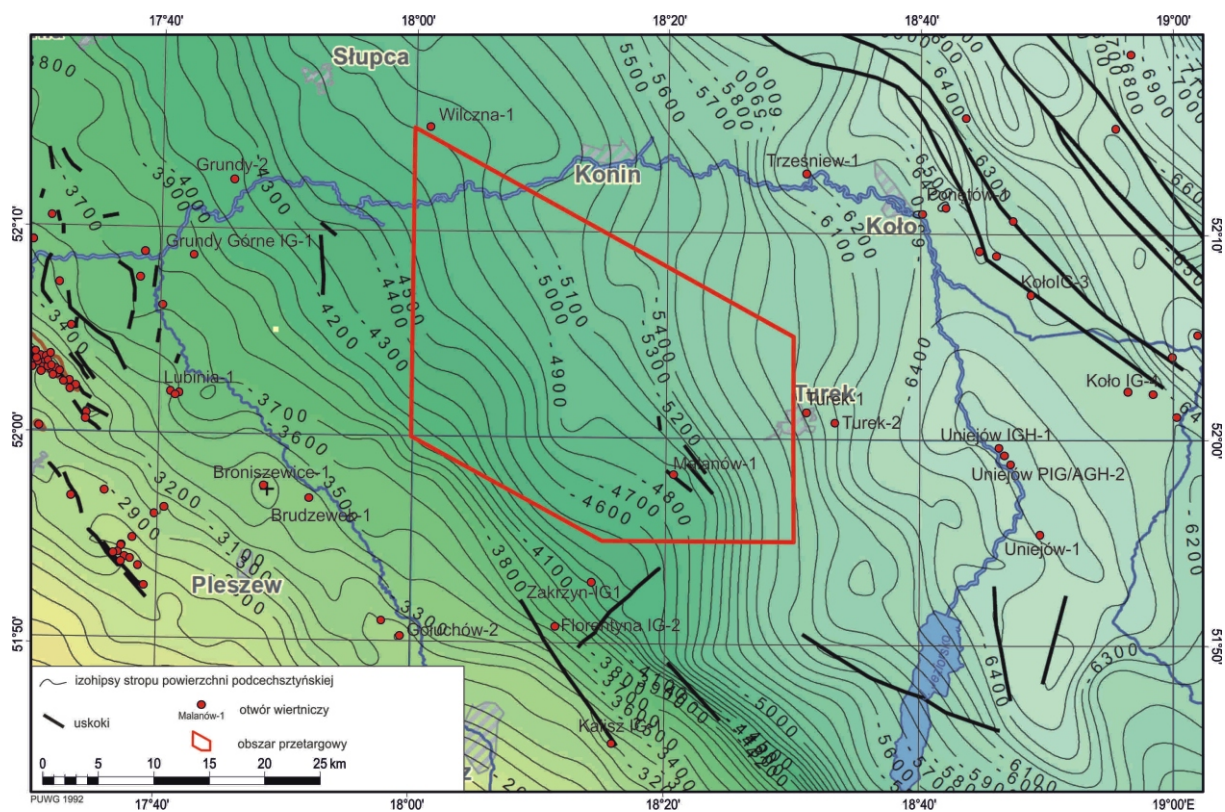


Figura 2.9. Fragment mapy strukturalnej powierzchni podpermskiej (Kudrewicz, 2007). Na mapie zaznaczono obszar „Malanów”.

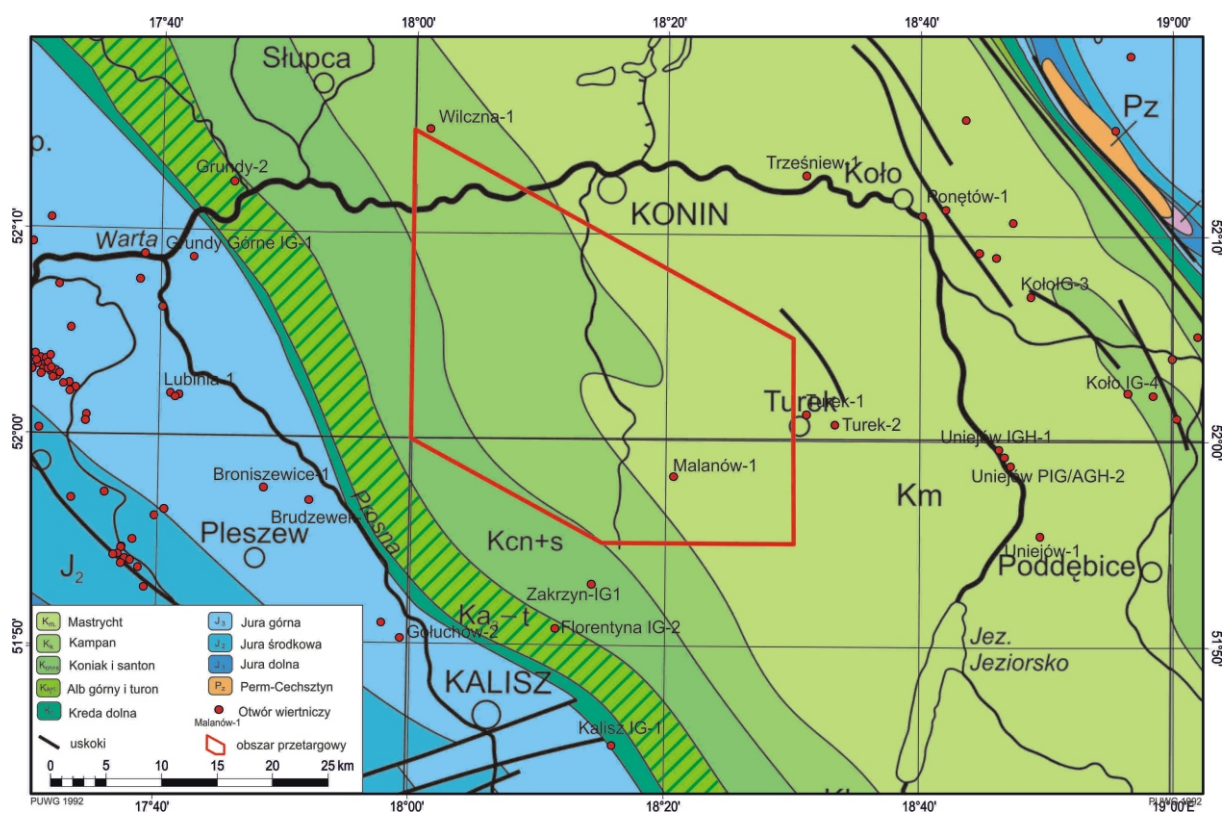


Figura 2.10. Fragment mapy tektonicznej kompleksu cechoszyńskiego-mezozoicznego (Dadlez i in., 1998). Na mapie zaznaczono obszar przetargowy „Malanów”.

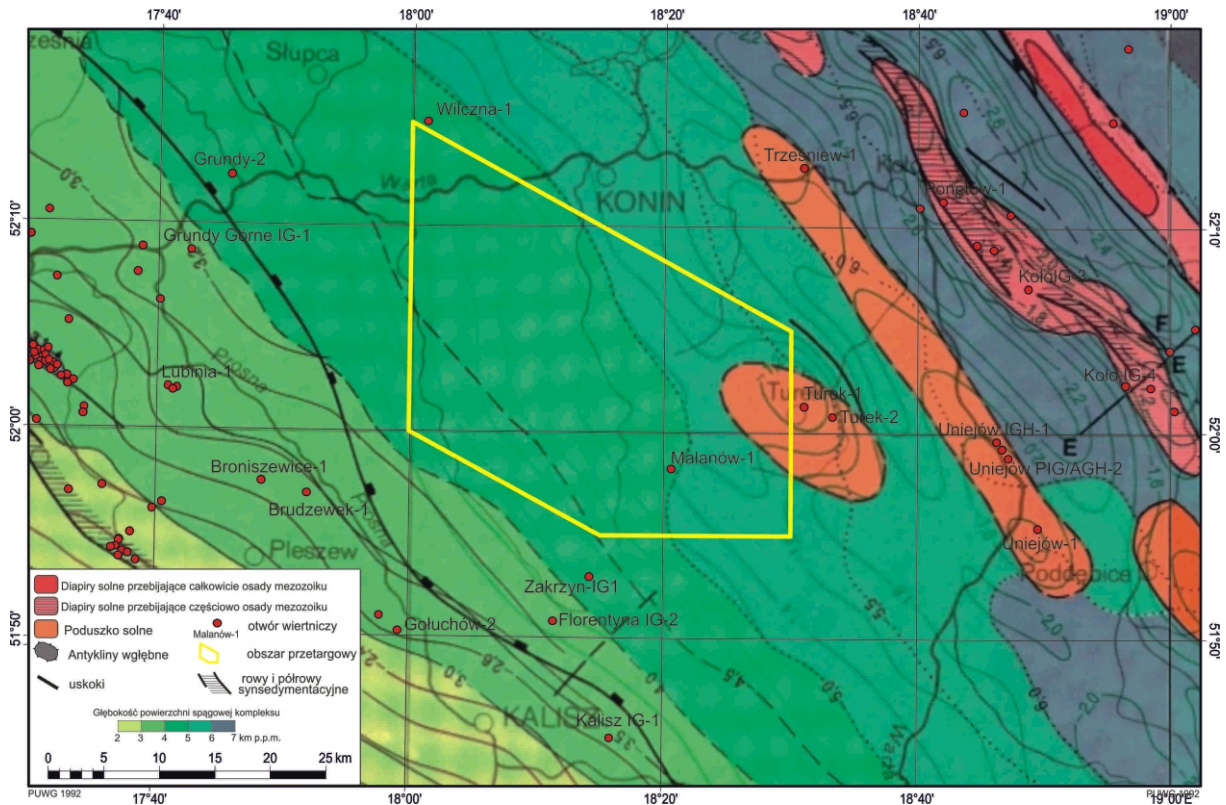


Figura 2.11. Fragment mapy geologicznej Polski bez utworów kenozoiku z widocznymi poduszkami i diapirami solnymi (Dadlez i in., 2000). Na mapie zaznaczono obszar „Malanów”.

uskokowej zinterpretowane zostały również antytetyczne uskoki drugiego rzędu (Rys. 4.16 w pracy Maćkowskiego, 2008).

Utwory górnego cechsztynu i mezozoiku zapadają monoklinalnie NE w kierunku wału solnego Turek–Konin, którego przedłużeniem ku SE jest poduszka solna Turka (Fig. 2.11.).

Ponad wałem solnym i poduszką solną utwory górnego cechsztynu i mezozoiku są ujęte w fałd (antyklinę nadsolną). Wał i poduszka solna jak i związana z nimi antykliną nadsolną mają przebieg na kierunku NW–SE. W strefie przegubu fałdu widoczne są zmiany miąższości utworów mezozoiku wskazujące na czas powstawania antykliny (Maćkowski, 2008).

Na powierzchni podkenozoicznej odsłaniają się utwory kredowe – od koniak–santonu (nierozdzielone) w części SW obszaru przetargowego do utworów mastrychtu w części wschodniej (Fig. 2.11.).

2.3. ROZWÓJ BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Podłoże permu zostało uformowane w trakcie orogenezy waryscyjskiej, w trakcie której dochodziło do deformacji fałdowo-nasuwczych w obrębie zapadliska przedgórskiego waryscydów. W efekcie deformacji utwory karbońskie wraz z ich podłożem, utworzyły szereg struktur kompresyjnych, które ze względu na skomplikowaną budowę oraz brak dobrej jakości danych, nie są nadal szczegółowo wykartowane.

Następnie w wczesnym permie lub już od późnego karbonu rozpoczęła się faza tektoniki ekstensyjnej, w efekcie której powstał system zrębów, rowów i półrowów (Pożaryski i in., 1992; Antonowicz i in., 1993, 1994, Maćkowski 2008). Synsedymantacyjna aktywność uskoków oraz zróżnicowana morfologia podłoża permu warunkowały zmiany miąższości i

zróżnicowanie facjalne osadów czerwonego spągowca (Kiersnowski & Buniak, 2006; Maćkowski, 2008).

Od permu do późnej kredy basen polski był poddawany długotrwałej termalnej subsydencji, w trakcie której dochodziło do depozycji miąższych osadów permu-mezozoiku. W trakcie ruchów kimeryjskich (trias-jura) w efekcie wzmożonej ekstensji basenu polskiego powstawały systemy rowów i półrowów tektonicznych, które często założone są na starszych strefach uskokowych obecnych w utworach piętra waryscyjskiego. Równocześnie z powstawaniem rowów, dochodziło do przemieszczania się mas solnych i tworzenia poduszek, wałów solnych i związanych z nimi antyklin nadsolnych (np. struktura Turka). W przegubie antykliny solnej Turka widoczne są zmiany miąższości świadczące o rozpoczęciu formowania się tej struktury w kajprze i wskazujące na ich ciągłość do środkowej jury. W późnej jurze nie dochodziło już do znacznych ruchów mas solnych, co wyraża się stałą miąższością osadów. Kolejny etap wzrostu antykliny nadsolnej związany z przemieszczeniem się soli cechsztyńskich miał miejsce podczas inwersji basenu w na przełomie późnej kredy–paleogenu (Maćkowski, 2008).

Podczas kredy górnej i paleogenu doszło do zmiany pola naprężeń i w efekcie inwersji basenu polskiego (Pożaryski & Brochwicz-Lewiński, 1978; Dadlez, 1997; Krzywiec, 2002, 2006; Mazur i in., 2005).

Podczas inwersji nastąpiła przebudowa tektoniczna basenu i wyniesienie jego osiowej części (antyklinorium śródpolskiego) oraz powstanie sąsiadujących z antyklinorium synklinoriów szczecińsko-miechowskiego i kościerzynsko-puławskiego (Żelaźniewicz, 2011). W trakcie przebudowy basenu oprócz zjawisk halotektonicznych dochodziło zapewne do częściowej przebudowy w reżimie kompresyjnym/transpresyjnym stref uskokowych powstałych podczas etapów ekstensji.

3. SYSTEM NAFTOWY

3.1. WSTĘP

System naftowy jest określany jako zespół procesów geologicznych i naftowych prowadzący do powstania złoża węglowodorów. Do podstawowych elementów systemu naftowego zalicza się: skałę macierzystą – ze względu na zawartość kopalnej substancji organicznej stanowi źródło powstawania węglowodorów, skałę zbiornikową – której odpowiednie właściwości petrofizyczne (porowatość, przepuszczalność) pozwalają na akumulację węglowodorów oraz skałę uszczelniającą – która jest skałą nieprzepuszczalną i uniemożliwia ucieczkę medium złożowego. Ponadto nieodzownym elementem systemu naftowego w złożach konwencjonalnych jest pułapka naftowa, która ze względu na swoje cechy strukturalne lub stratygraficzno-litologiczne tworzy miejsce akumulacji węglowodorów. Niezbędnym do zaistnienia systemu naftowego i powstania złoża węglowodorów jest zespół procesów umiejscowionych w przestrzeni i w czasie geologicznym, na które składają się: generowanie, ekspulsja, migracja i akumulacja węglowodorów oraz formowanie pułapki złożowej. Wzajemne relacje czasowe pomiędzy wspomnianymi elementami i procesami systemu naftowego pozwalają na powstanie złoża.

3.2. SKAŁY MACIERZYTE

Za skały macierzyste w karbońsko-permskim systemie naftowym uważa się mułowce i iłowce karbonu (np. Kotarba i

in., 1992, 1999, 2004, 2005; Karnkowski, 1999; Botor i in., 2013). Zgodnie z tą teorią, gaz ziemny, wygenerowany z karbońskiej materii organicznej, migrował ku strefom o niższym ciśnieniu hydrostatycznym, czyli do leżących niezgodnie na skałach karbonu utworów czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego. Migracja węglowodorów ze skał macierzystych do pułapek złożowych mogła mieć charakter lokalny wzdłuż nieciągłości tektonicznych lub charakter regionalny krótko lub długodystansowy wzdłuż porowatych i przepuszczalnych skał. W zachodniej części europejskiego basenu permskiego za skały macierzyste uznaje się węgle westfalu (Pletsch i in., 2010), natomiast badania geochemiczne płycej zalegających skał karbonu polskiego basenu sugerują, że zawartość materii organicznej rozproszonej w tych skałach jest wystarczająca by uznać je za skały macierzyste (Burzewski i in., 2009; Botor i in., 2013). Śliwiński i in. (2006) oraz Malinowski i in. (2007) postulują ponadto możliwość istnienia węglonośnych utworów molasy górnokarbońskiej, które mogą stanowić poziomy macierzyste zlokalizowane na przedpolu polskich ekstermidów waryscyjskich (Fig. 3.1 i 3.2). Potwierdzeniem macierzystości skał karbonu w Polsce mogą być także odkryte złoża: Wierchow (dolny karbon), Gorzysław, Trzebusz, Wrzosowo, Daszewo, Paproć (dolny i górny karbon), Kościan i Brońsko (dolny karbon; Karnkowski, 1993) oraz wyniki badań geochemicznych materii organicznej i gazu ziemnego (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2004, 2005).

Na Pomorzu skały macierzyste zostały stwierdzone w obrębie utworów turnieju, wizenu i westfalu. Charakteryzują się one średnim i doskonałym potencjałem węglowodorowym (Botor i in., 2013). Całkowita zawartość materii organicznej w łupkach turnieju i wizenu wynosi średnio od ok. 1,1–1,5% wag. do maksymalnie 4–10,7%, natomiast całkowita zawartość

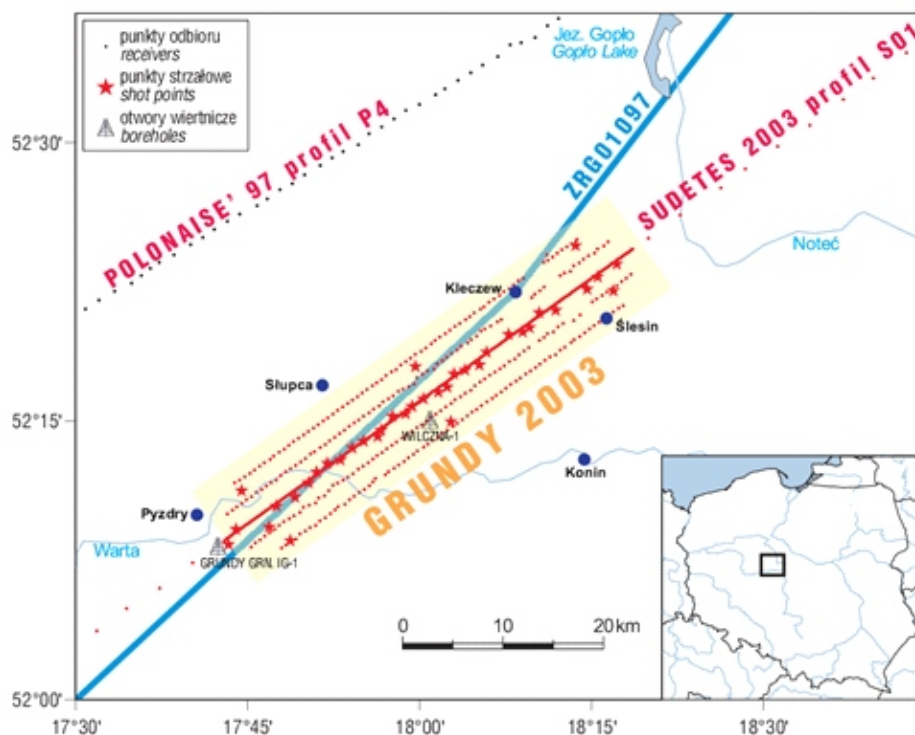


Figura 3.1. Geograficzna lokalizacja eksperymentu GRUNDY 2003. Zaznaczono także profile głębokich sondowań sejsmicznych (P4 i S01) oraz refleksyjny profil regionalny ZRG01097a (Śliwiński i in., 2006).

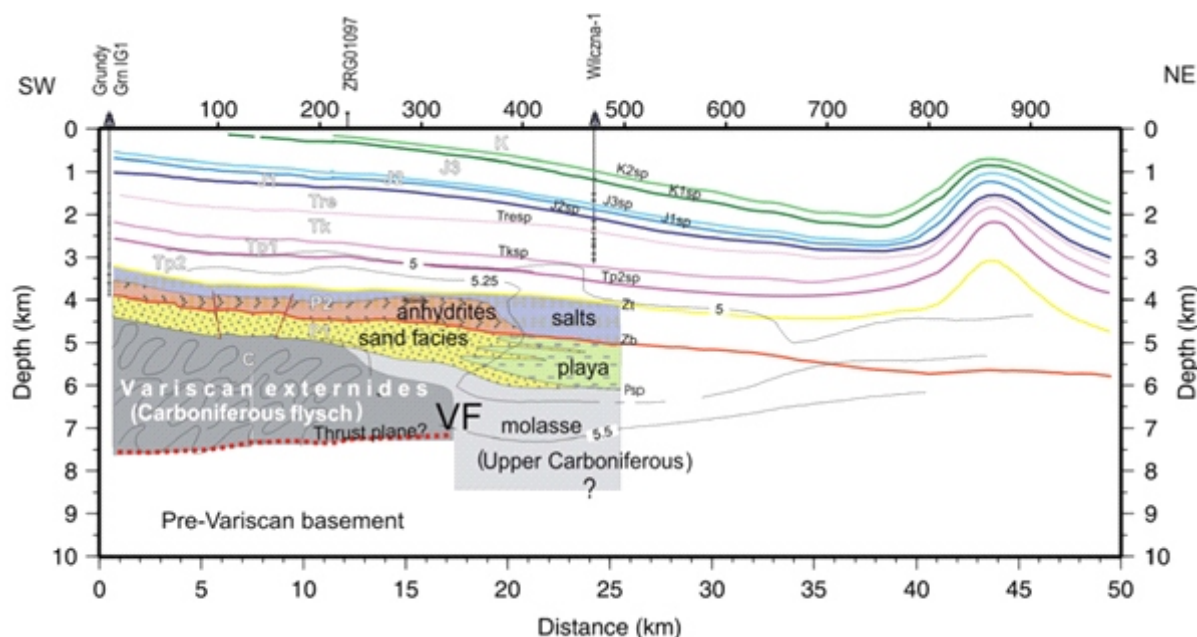


Figura 3.2. Fragment regionalnego przekroju głębokościowego ZRG01097 z interpretacją geologiczną wyników sejsmicznych eksperymentu GRUNDY 2003.

Trz sp — spąg kenozoiku, K1 — kreda dolna, J3 — jura górna, J2 — jura środkowa, J1 — jura dolna, Tre — retyk, Tk — kajper, Tp2 — pstry piaskowiec środkowy, Zstr — strop cechsztynu, Psp — spąg czerwonego spągowca (Malinowski i in., 2007).

materii organicznej w łupkach westfalu wynosi średnio od 0,3% wag. do maksymalnie 2,7% wag. (Bachleda-Curuś i in., 1996; Matyasik, 1998; Kotarba i in., 2004, 2005; Grotek, 2005, 2006; Kosakowski in., 2006; Bahranowski i in., 2007; Pletsch i in., 2010; Botor i in., 2013). Materia organiczna rozproszona w skałach karbonu posiada geochemiczną charakterystykę gazotwórczego kerogenu typu III oraz mieszanego kerogenu typu III i II (wyższy udział kerogenu typu II stwierdzono w utworach dolnego karbonu), cechując się niskim do bardzo dobrego potencjału węglowodorowego (Botor i in., 2013). Całkowita zawartość materii organicznej zawiera się w przedziale od 0,5% wag. do 4% wag. (Nowak, 2003; Pletsch i in., 2010; Poprawa & Kiersnowski, 2010; Botor i in., 2013). W strefie kujawskiej i mazurskiej tylko kilka otworów nawierca skały karbonu. Charakteryzują się one zmiennym potencjałem węglowodorowym od słabego do doskonałego, a całkowita zawartość materii organicznej zawiera się w przedziale od 0,3% wag. do 15% wag. i ma charakterystykę kerogenu mieszanego typu III i II, z dominacją kerogenu typu III w skałach westfalu (Botor i in., 2013).

Skały karbonu, stanowiące silikoklastyczną sukcesję wypełniającą polską część basenu przedgórskiego waryscydów (Górecka-Nowak, 2007), nie są dotąd w pełni rozpoznane wiertniczo w podłożu monokliny przedsudeckiej, niecce łódzkiej i centralnej części wału śródpolskiego przez wzgląd na ich znaczną miąższość (>2000 m) i niską perspektywiczność odkrycia w nich konwencjonalnych złóż naftowych. Dlatego też większość otworów wiertniczych na tym obszarze nawierciła jedynie stropowe części skał karbońskich.

Głęboki otwór wiertniczy Malanów 1 nawiercił 56 m (5319,0–5375,0 m) terygenicznych utworów karbonu górnego, datowanych na westfal (Fig. 3.3.). Górną część profilu nawierconych utworów karbonu stanowią piaskowce frakcji drobno- i gruboziarnistej, natomiast dolną część stanowią iłowce pyłaste zawierające zwęglone szczątki organiczne. Górnokarbońskie uwęglone szczątki roślin zostały stwierdzone

w ostatnich 40 m profilu otworu. Dokumentacja geologiczna otworu wiertniczego Malanów 1 podaje, że pobrane rdzenie boczne zawierały niewystarczającą ilość materiału organicznego do wykonania analizy TOC. W związku z powyższym nie można ocenić, czy iłowce dolnej części profilu otworu mogą być skałami macierzystymi. W pobliżu obszaru przetargowego „Malanów” zlokalizowany jest jeden głęboki otwór wiertniczy, który również nawiercił skały karbonu – Zakrzyn IG 1. Otwór Zakrzyn IG 1 zlokalizowany jest na południe od obszaru przetargowego „Malanów”, nawiercił on 375 m (4537,00–4912,00 m) utworów karbonu (karbon nierozdzielony). Utwory te to przewarstwiające się mułowce, iłowce, piaskowce i zlepieńce. Brak danych na temat własności geochemicznych nie pozwala stwierdzić, czy nawiercone skały mają własności skał macierzystych. Jedna próbka skał karbonu poddana badaniom petrologii rozproszonej materii organicznej wykazała przewagę wityritu, fuzynitu, semifuzynitu i mirynitu w składzie maceralnym oraz dojrzałość termiczną na poziomie 2,4% R_o (Grotek, 1984).

Obszar przetargowy „Malanów” znajduje się w strefie występowania utworów karbonu górnego (Fig. 3.3.). Numeryczne modelowania karbońsko-permskiego systemu naftowego basenu polskiego (Botor i in., 2013) sugerują, że obszar przetargowy „Malanów” znajduje się w strefie migracji węglowodorów ze skał macierzystych centralnej części basenu (modelowania nie brały pod uwagę lokalnej migracji wzdłuż stref nieciągłości; Fig. 3.4.). Modelowania te wykazują również, że na tym obszarze karbońska materia organiczna może znajdować się na stopniu przeobrażenia odpowiadającego fazie przejrzalej względem generowania węglowodorów (2,0–3,5% R_o ; Fig. 3.5.). Burzewski i in. (2009) ocenili, że skały macierzyste karbonu dolnego w obrębie obszaru przetargowego „Malanów” mogły cechować się w historii geologicznej jednostkowym potencjałem genetycznym na poziomie 300–500 kg HC/m² basenu (Fig. 3.6.).

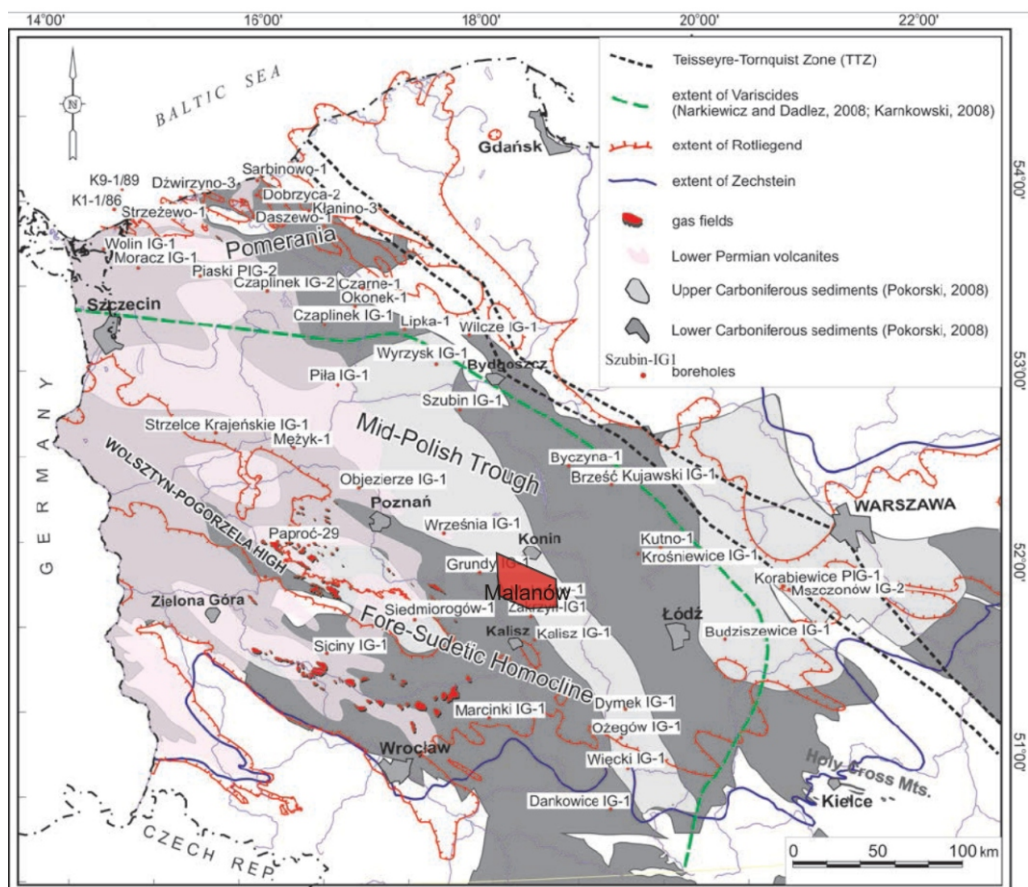


Figura 3.3. Mapa przedstawiająca główne elementy karbońsko-permskiego systemu naftowego w polskim basenie (wg Reicher, 2008). Zasięg utworów karbonu dolnego i górnego (wg Pokorskiego, 2008; Botor i in., 2013).

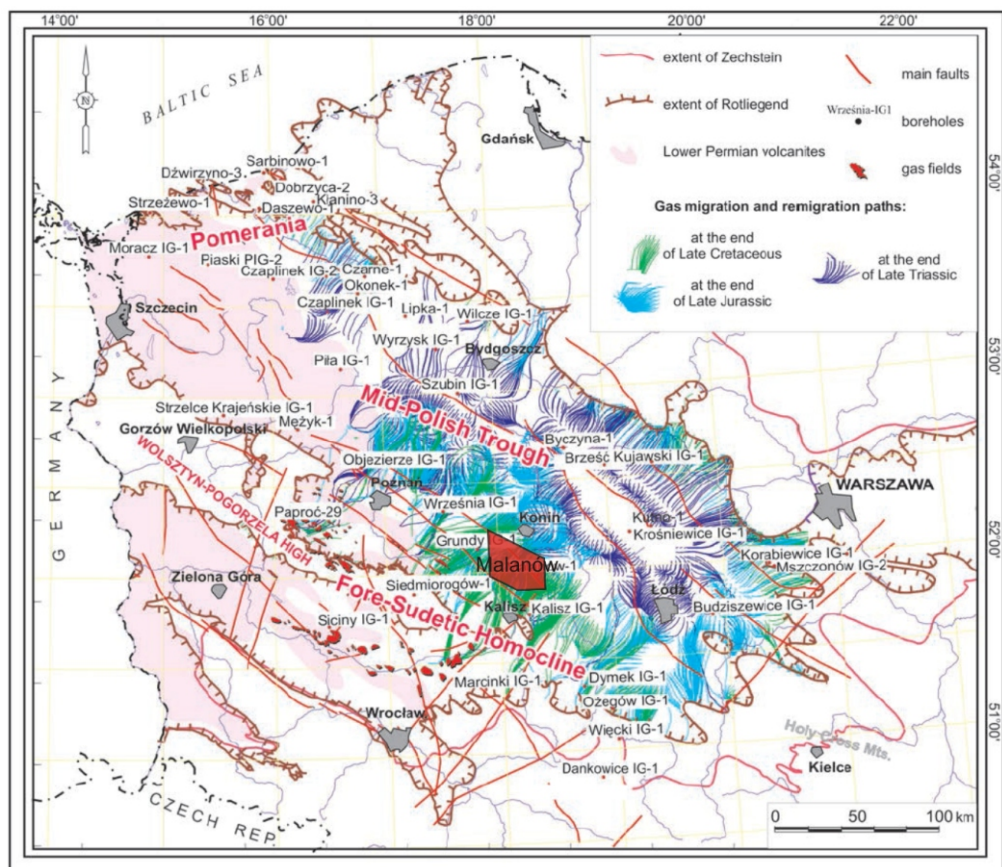


Figura 3.4. Mapa przedstawiająca ścieżki migracji gazu na tle rozprzestrzenienia zbiornikowych utworów czerwonego spągowca (wg Maćkowskiego i in., 2008, zmieniona; Botor i in., 2013).

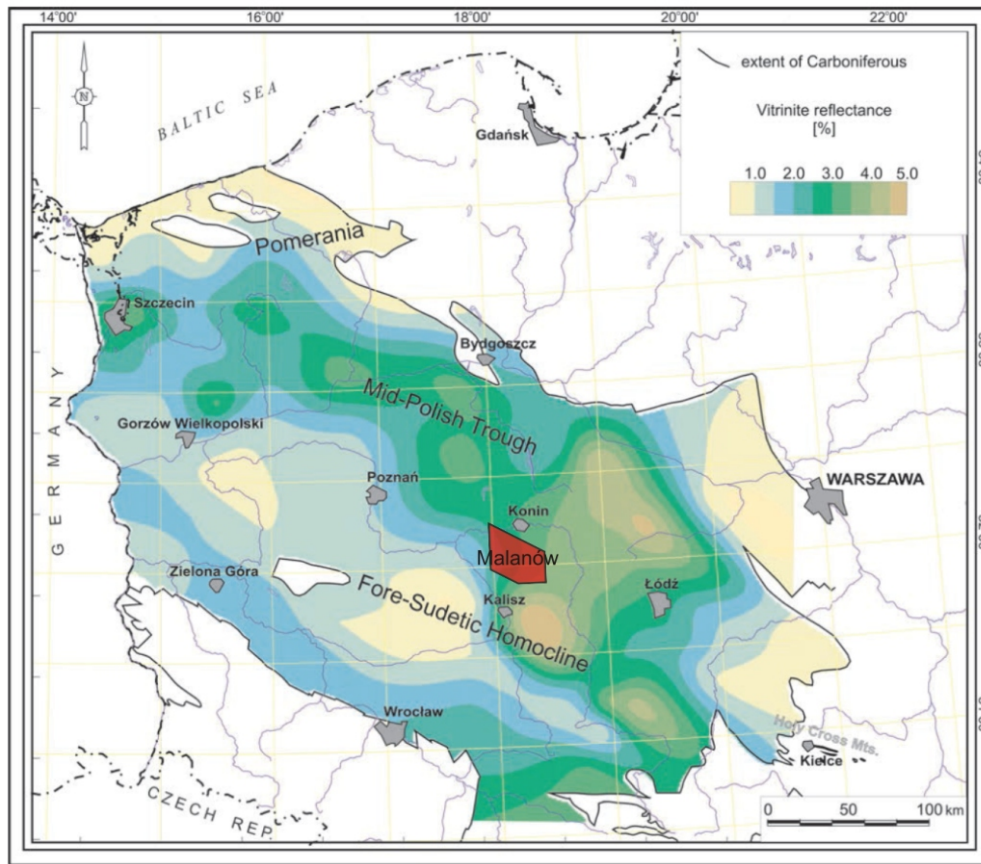


Figura 3.5. Mapa rozkładu dzisiejszej dojrzałości termicznej materii organicznej w stropie utworów karbonu (Botor i in., 2013).

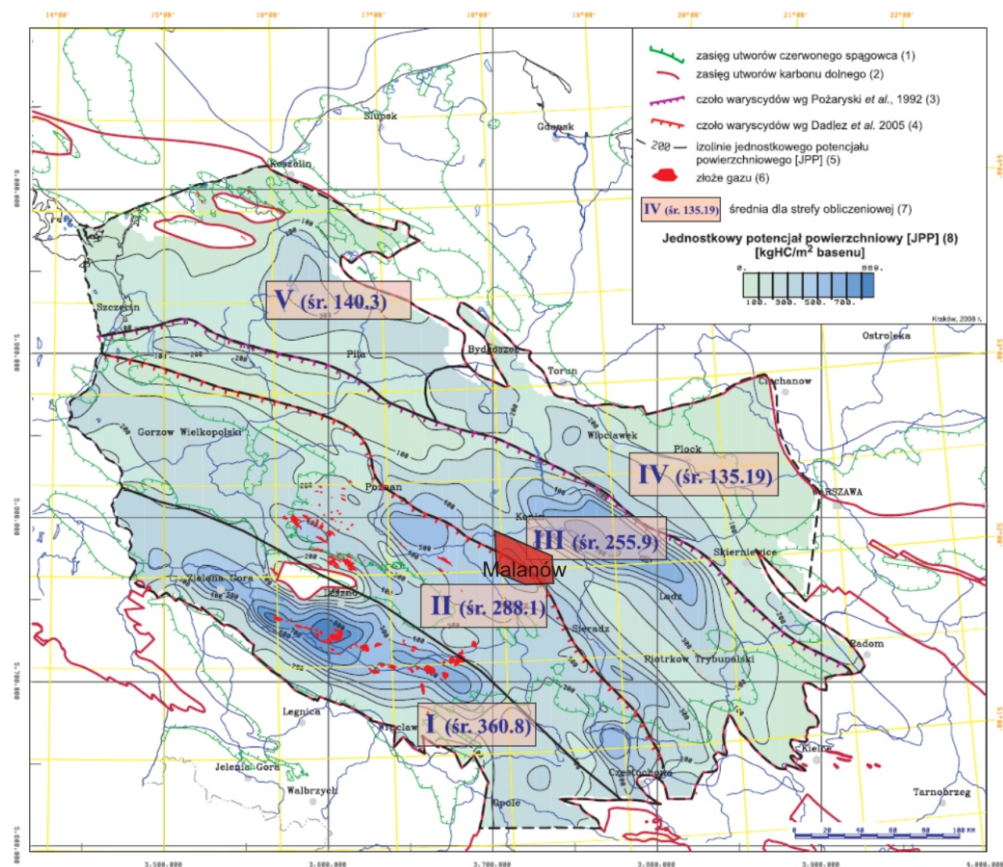


Figura 3.6. Mapa jednostkowego potencjału powierzchniowego (JPP) utworów karbonu dolnego (Burzewski i in., 2009).

3.3. WIEK I MECHANIZM GENERACJI, MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW

Zastosowanie numerycznych modeli systemów naftowych ma na celu przeprowadzenie rekonstrukcji procesów i mechanizmów generowania, migracji i akumulacji węglowodorów. Podstawą modeli procesów generowania jest modelowanie paleotermiczne, które polega na modelowaniu dojrzałości termicznej skał, zwłaszcza macierzystych. Takie modelowanie przeprowadzane są głównie w wersji 1-D i pozwalają na odtworzenie w skali czasu - ewolucji geologicznej i termicznej basenu sedymentacyjnego wraz z modelowaniem procesów generowania i ekspulsji węglowodorów. W celu odtworzenia procesów migracji i akumulacji węglowodorów wykonuje się modelowania 2-D (przekrój geologiczny), natomiast modelowania 3-D integrują wszystkie wyżej wymienione procesy w postaci przestrzennej. Dokładna metodologia modeli systemów naftowych została przedstawiona w pracach m.in. Batora & Kosakowskiego (2000), Al-Hajeri i in. (2009) i Highley i in. (2006).

W otworze wiertniczym Malanów 1 przewiercono perspektywiczne utwory zbiornikowe czerwonego spągowca i nawiercono warstwę utworów karbonu, które mogły stanowić potencjalną skałę macierzystą. Niestety nie uzyskano z niego odpowiednich danych zwłaszcza geochemicznych, które mógłby stanowić podstawę do wykonania modelowania generowania węglowodorów. Dlatego, do analizy wieku i mechanizmu generacji, migracji i akumulacji węglowodorów na obszarze rozpatrywanego obszaru „Malanów” wykorzystano prace m.in.: Botor (2006), Maćkowski & Reicher (2006), Górecki i in. (2009), Poprawa (2009) oraz Botor i in. (2013). Główną bazą do analizy były wyniki modelowania 1-D przeprowadzone dla otworu Kalisz IG 1 (Botor, 2006), który zlokalizowany jest około 30 km na SW od obszaru „Malanów”.

W strefie lokalizacji obszaru przetargowego „Malanów” występuje karbońsko-dolnopermiczny system naftowy. Perspektywiczne skały, w których mogą występować złoża gazu ziemnego, to utwory klastyczne czerwonego spągowca. W strefie tej potencjalną skałą macierzystą są utwory karbonu dolnego, natomiast za uszczelnienie odpowiedzialne są ewaporaty cechsztynu. Przy modelowaniu generowania węglowodorów rozpatrywany jest tylko i wyłącznie gaz ziemny, gdyż substancja organiczna zawarta w skałach macierzystych dolnego karbonu charakteryzuje się zawartością gazotwórczego kerogenu III typu.

Na podstawie wyników modeli dojrzałości termicznej (Fig. 3.7.) skały macierzyste karbonu obecnie znajdują się w strefie wysoce przejrzalej (wartości refleksyjności wityritu wynoszą >4,3 %Ro). Zatem w strefie tej wyczerpany został potencjał generacyjny skał macierzystych. Wysoka dojrzałość utworów karbońskich związana jest prawdopodobnie z bardzo szybką subsydencją, przy podwyższonej wartości strumienia ciepłego w karbonie, i znacząca erozją późnokarbońską. Niemniej jednak, główna faza generowania gazu ziemnego nastąpiła z końcem karbonu (namur-westfal), kiedy skały macierzyste zostały pograżone na głębokość <1200 m, osiągając dojrzałość >1,3 %Ro. Główna faza generowania była krótka i trwała do końca westfalu, kiedy skały zostały pograżone na głębokość <2400 m i potencjał generacyjny skał karbonu został w pełni wyczerpany. Taki wariant generowania węglowodorów jest bardzo niekorzystny ze względu na mały potencjał zachowania akumulacji węglowodorów. Brak regionalnego uszczelnienia w późnym karbonie oraz we wczesnym permie, a także intensywne ruchy tektoniczne w późnym karbonie i wczesnym permie skutkują dużym prawdopodobieństwem rozformowania generowanych wówczas węglowodorów, zwłaszcza gazu ziemnego (Poprawa, 2009).

Migracja węglowodorów na obszarze przetargowym „Malanów” miała miejsce w tym samym czasie, co generowanie węglowodorów, jednakże w przypadku karbońskiego oraz wczesnopermicznego etapu generowania i ekspulsji kierunki migracji są trudne do odtworzenia, po części z uwagi na brak kontroli późnokarbońskiej geometrii warstwy (Poprawa, 2009).

Modelowania potwierdzają potencjał generacyjny gazu ziemnego utworów karbonu na obszarze przetargowym „Malanów”.

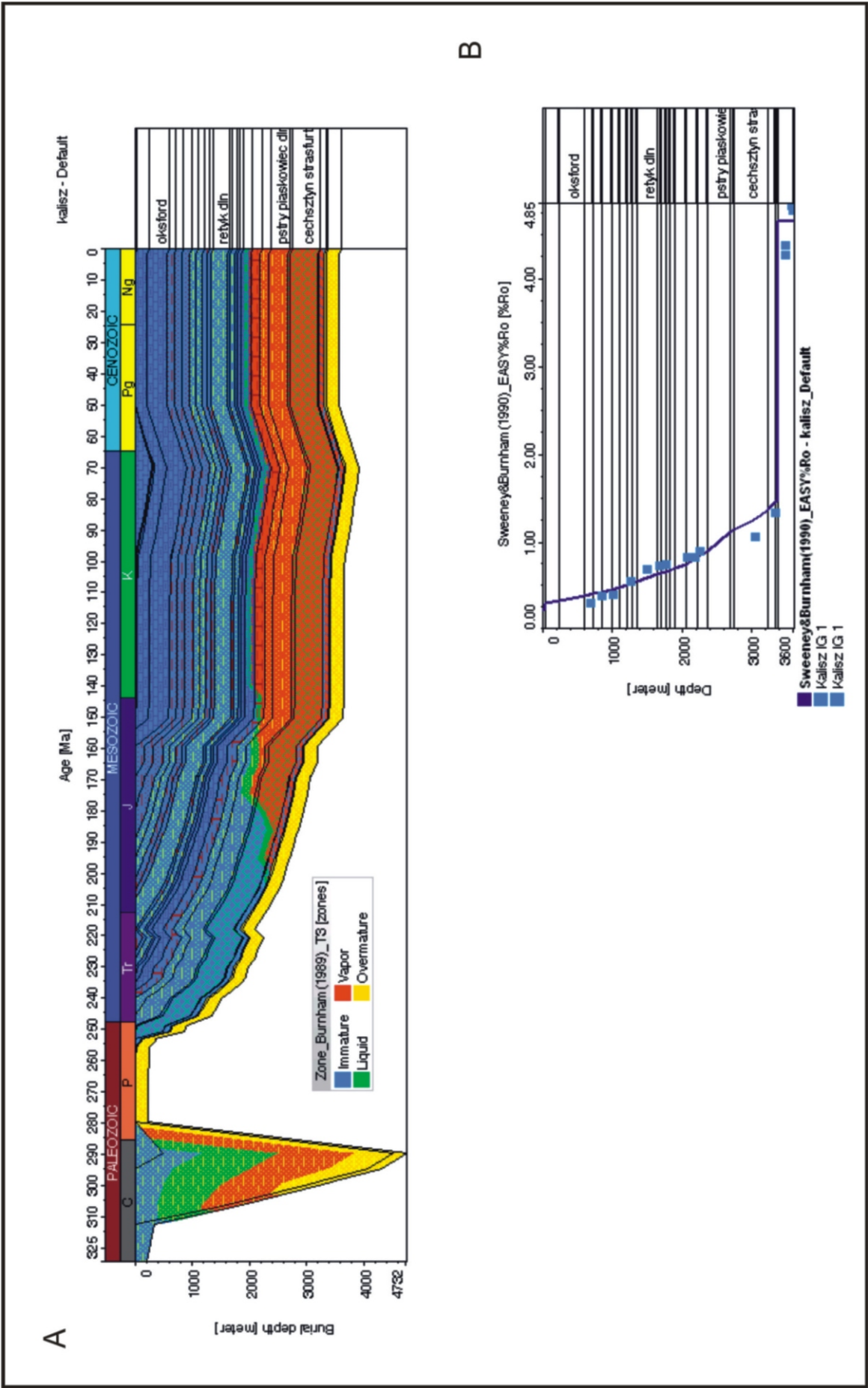
Należy dodać, że model generacyjny pokazany na podstawie historii pograżania i dojrzałości termicznej dla otworu Kalisz IG 1 (Botor, 2006), nie jest reprezentatywny dla całego obszaru „Malanów”. Już wykonanie wiercenia Malanów 1 przez firmę Texaco w 1996 r. wskazywało na możliwość istnienia pułapki z nagromadzeniami gazu generowanego później niż powstanie uszczelniających osadów permu. Obszar, gdzie zlokalizowane jest wiercenie Kalisz IG 1, jest znany jako anomalia termiczna o wysokim Ro, powyżej okna gazowego. Jednak i te wyniki nie zniechęciły firmy RWE Dea do postawienia wiercenia (otwór Prosna) nastawionego na poszukiwanie gazu w czerwonym spągowcu, na południe od wiercenia Kalisz IG 1. W przypadku obszaru „Malanów”, wydaje się, że najbardziej perspektywiczną jego częścią, potencjalnie złożową jest jego część północno-zachodnia.

4. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W OTOCZENIU OBSZARU PRZETARGOWEGO „MALANÓW”

Dane w oparciu o bazę danych MIDAS – PIG-PIB

W granicach obszaru Malanów nie występują udokumentowane złoża węglowodorów, w najbliższym sąsiedztwie (Fig. 4.1.) występują złoża:

- około 21 km na W, niezagospodarowane złożo gazu ziemnego Komorze (GZ 17085). Złożo zostało udokumentowane w 2014 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Komorze” (nr w archiwum NAG 1570/2014);
- około 22 km na W, eksploatowane złożo gazu ziemnego Lisewo (GZ 15613). Złożo zostało udokumentowane w 2011 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Lisewo” (nr w archiwum NAG 7417/2011);
- około 30 km na W, eksploatowane złożo gazu ziemnego Radlin (GZ 4698). Złożo zostało udokumentowane w 1986 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Radlin” (nr w archiwum NAG 16007 CUG). Najnowszy dodatek: „Dodatek nr 5 do dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Radlin” (nr w archiwum NAG 1114/95);
- około 33 km na W, eksploatowane do 2010 r. złożo gazu ziemnego Klęka E (GZ 9260). Złożo zostało udokumentowane w 2002 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Klęka E” (nr w archiwum NAG 377/2003). Najnowszy dodatek: „Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Klęka E” (nr w archiwum NAG 4617/2011);
- około 27 km na SW, eksploatowane złożo gazu ziemnego Jarocin (GZ 4659). Złożo zostało udokumentowane w 1977 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Jarocin” (nr w archiwum NAG 12144a CUG). Najnowszy dodatek: „Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Jarocin” (nr w archiwum NAG 5180/2011).



5. PROFIL REPEROWY – MALANÓW 1

5.1. INFORMACJA OGÓLNA

Wiercenie Malanów 1 znajduje się w SE części obszaru „Malanów”. Profil reperowy wiercenia Malanów 1 został wytypowany ze względu na swoją reprezentatywność dla obszaru przetargowego „Malanów”. Jest to jedyny głęboki otwór na obszarze przetargowym „Malanów”, w którym nawiercono utwory czerwonego spągowca będące głównym horyzontem poszukiwawczym (Fig. 5.1.).

X_1992 456268.10
Y_1992 454911.86
Wysokość n.p.m.: 137,6 m
Data rozpoczęcia: 12-01-1998; data zakończenia: 12-07-1998
Głębokość końcowa: 5364 m
Jednostka strukturalna: synklinorium szczecińsko-lódzkie
Struktura: Malanów
Uproszczona stratygrafia osadów w wierceniu Malanów 1 wg „Stratygraficzna baza danych permu z północnej Polski” (Wagner i in., 1999).

Stratygrafia		Strop i spąg [m]	Miąszość [m]
Q + Tr	Czwartorzęd i trzeciorzęd	0–65	65
K	Kreda	65–1346	1281
J	Jura	1346–2343	997
T	Trias	2343–4157	1814
P (PZ)	Cechsztyń	4157–4988	831
P (Pcs)	Czerwony spągowiec	4988–5308(19)	320(331)
C	Karbon	5308 (19)–5364	>56(45)

Profil stratygraficzno-litologiczny otworu Malanów 1					
	Strop [m]	Spąg [m]	Miąszość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	59	59	czwartorzęd	piaski, iły
2	59	65	6	trzeciorzęd	piaski z wkładkami węgla brunatnego
3	65	1009	944	senon	wapienie, piaski, iłowce
4	1009	1101	92	koniak	iłowce
5	1101	1278	177	turon	wapienie
6	1278	1346	68	kreda dolna	piaski kwarcowe
7	1346	1389	43	portland	wapienie
8	1389	1509	120	kimeryd	iłowce, wapienie
9	1509	2033	524	oksford	wapienie
10	2033	2041	8	kelowej	wapienie
11	2041	2100	59	baton	piaskowce, iłowce
12	2100	2184	84	bajos-aalen	iłowce, mułowce, piaskowce
13	2184	2343	159	toark	piaskowce, węgle, iłowce
14	2343	2751	408	retyk	iłowce, dolomity, piaskowce, zlepieńce, gipsy, anhydryty
15	2751	2906	155	kajper – gipsowy górny	iłowce, anhydryty, piaskowce, wapienie
16	2906	2917	11	piaskowiec trzcinowy	węgle, piaskowce, iłowce
17	2917	3040	123	kajper – gipsowy dolny	iłowce, anhydryty
18	3040	3137	97	kajper – iłowcowy	iłowce, dolomity, piaski
19	3137	3367	230	wapień muszlowy	wapienie, iłowce, anhydryty
20	3367	3569	202	pstry piaskowiec górny	wapienie, iłowce, dolomity, anhydryty, piaskowce
21	3569	3783	214	pstry piaskowiec środkowy	iłowce, mułowce, piaskowce, wapienie
22	3783	4157	374	pstry piaskowiec dolny	iłowce, mułowce, piaskowce, wapienie
23	4157	4988	831	cechsztyń	iłowce, wapienie, sole kamienne, anhydryty, dolomity
24	4988	5308(19)	320(331)	czerwony spągowiec	piaskowce, iłowce
25	5308(19)	5364	56(45)	karbon	piaskowce

Figura 4.1. Złóża węglowodorów w pobliżu obszaru przetargowego „Malanów”.

Figura 5.1. Profil zbiorczy odwiertu Malanów 1.

Obszary wytypowane
do postępowania przetargowego na koncesje
na poszukiwanie i rozpoznawanie
złóż węglowodorów oraz wydobywanie
węglowodorów ze złóż w 2016 r.

MALANÓW



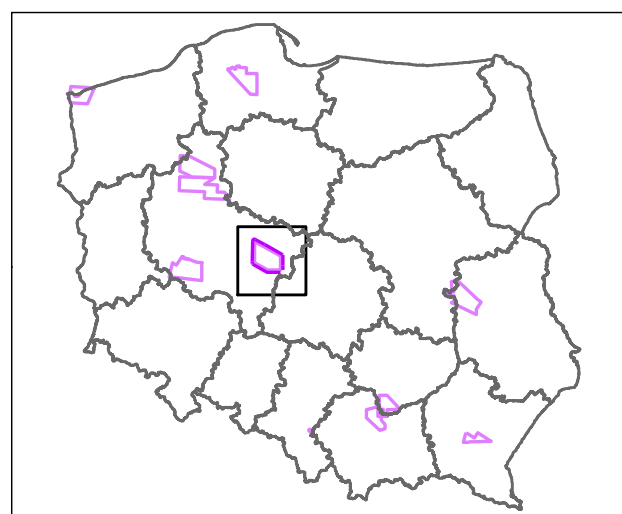
Układ współrzędnych: PL-1992

Objaśnienia

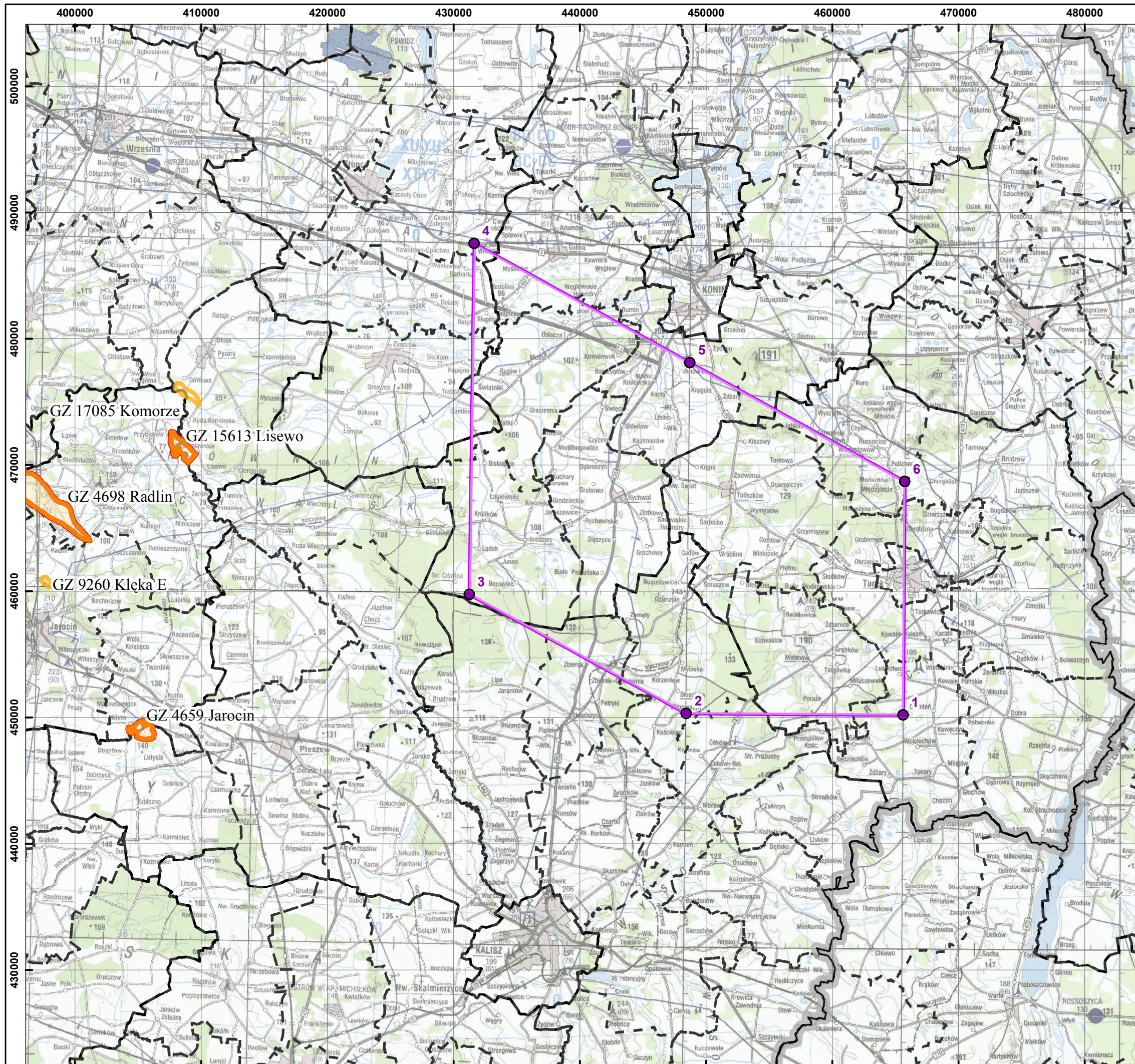
- obszary wytypowane do przetargu
- złoża węglowodorów
- obszary górnicze
- granice gmin
- granice powiatów
- granice województw

Współrzędne punktów wyznaczających granice obszaru Malanów
układ współrzędnych PL-1992

Nr punktu	X	Y
1	450191,19	465621,51
2	450309,15	448432,37
3	459747,36	431245,53
4	487544,58	431628,47
5	478106,14	448719,28
6	468692,97	465748,96



Źródłem danych o złożach kopalin
jest System Gospodarki i Ochrony
Bogactw Mineralnych MIDAS



5.2. OPIS WYKONANYCH BADAŃ I INTERPRETACJA GEOFIZYKI OTWOROWEJ W OTWORZE MALANÓW 1

Uwaga: wszystkie głębokości podano w metrach pod poziomem stołu wiertniczego, pomiar po ścianie otworu (Measured Depth). Wysokość stołu wiertniczego to 11,1 m nad poziom terenu. Głębokości zostały przybliżone do 1 m.

1. Dane cyfrowe dostępne w CBDG

W formie cyfrowej w NAG nie ma żadnych pomiarów cyfrowych z otworu Malanów 1 poza taśmą magnetyczną Digital Data Storage zawierającą prawdopodobnie wyniki przetwarzania pomiarów akustycznych (brak możliwości odczytu danych). Cyfrowe dane mogą być dostępne w archiwach firmy Chevron-Texaco, która jest sukcesorem firmy Wielkopolska Energia S.A., która zleciła wykonanie otworu. Prezentowane na zestawieniu (Fig. 5.1.) profilowanie promieniowania gamma zostało zcyfrowane z papierowych materiałów dostępnych w NAG.

2. Pomiary geofizyki otworowej wykonane w utworach czerwonego spągowca

W otworze Malanów 1 (wywierconym w 1998 r.) w interwałach perspektywnych dolomitu głównego (4622–4636 m) i czerwonego spągowca (4999–5319 m) wykonano następujące badania geofizyki otworowej cyfrowymi zestawami aparatur (w nawiasach podano angielskie skróty używanych sond):

1. Profilowanie gamma, profilowanie średnicy w dwóch osiach (GR-XY Caliper) w interwale 4183–4880 m.
2. Obrazowanie ścian otworu, mikrosonda sferycznie sterowana, profilowanie gamma, profilowanie naturalnych potencjałów (ARI-MSFL-GR-ACTS-SP) w interwale 4880–5376 m.
3. Profilowanie gęstości wraz z indeksem absorpcji fotoelektrycznej, profilowanie porowatości neutronowej, spektrometryczne profilowanie gamma (HLDS-APS-HNGS-ACTS) w interwale 4880–5373 m.
4. Profilowanie gamma, profilowanie akustyczne (GR-DSI-ACTS) w interwale 2000–5361 m.
5. Cementomierz akustyczny, profilowanie gamma, mufolokator (CBL-VDL-GR-CCL-ACTS): 2685–4876 m.

Ponadto w interwale 5115–5366 m pobrano 17 rdzeników bocznych z użyciem próbnika CST, a w interwale 5155–5358 m wykonano 9 pomiarów próbnikiem kablowym RFT.

3. Interpretacje pomiarów dostępne w NAG

Rozdział „Wyniki badań geofizycznych” będący częścią dokumentacji geologicznej otworu Malanów

1 (str. 14) wspomina o tym, że pomiary zostały zinterpretowane programem „ELAN” w celu uzyskania składu mineralnego, własności petrofizycznych i nasycień, niestety wyniki tej interpretacji nie są dołączone do dokumentacji. Na końcu rozdziału pada stwierdzenie, że na podstawie pomiarów ciśnień i pobranych prób złożowych próbnikiem kablowym RFT postanowiono nie przystępować do testowania formacji.

5.3. CHARAKTERYSTYKA HYDRODYNAMICZNA I HYDROCHEMICZNA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH

Głównym celem otworu Malanów 1 było rozpoznanie gazonośności horyzontów piaszczystych w utworach czerwonego spągowca i w przypadku ich nasycenia węglowodorami – stropowej części utworów karbonu górnego (westfalu). Zadaniem drugorzędym było rozpoznanie nasycenia węglowodorami utworów dolomitu głównego i wapienia cechsztyńskiego. Ponadto celem wiercenia było m.in. określenie własności zbiornikowych skał permskich.

W piaszczystych utworach czerwonego spągowca na głębokości 5130,0 m i 5300,0 m, podczas obserwacji płuczki wiertniczej, stwierdzono jedynie objawy gazu. Zgazowanie stwierdzono także w próbce płuczki pobranej z głębokości 5324,0 m (piaskowiec karbonu).

Ocenę obecności płynów złożowych dokonano w oparciu o interpretację pomiarów geofizyki wiertniczej. Pomiary ciśnienia i opróbowanie poziomów zbiornikowych próbnikiem kablowym RFT–B dostarczyły danych, na podstawie których podjęto decyzję o nie przystąpieniu do testowania poszczególnych formacji. Wyniki pomiarów próbnikiem kablowym zestawiono w poniższej tabeli.

Przebieg prób złożowych

Głębokość	Metoda	Przyptyw	Poziom
5189.04	próbnik kablowy	brak przyptywu	Czerwony spągowiec
5266.04	próbnik kablowy	brak przyptywu	Czerwony spągowiec
5327.55	próbnik kablowy	brak przyptywu	Karbon
5330.57	próbnik kablowy	brak przyptywu	Karbon
5332.04	próbnik kablowy	brak przyptywu	Karbon
5336.07	próbnik kablowy	brak przyptywu	Karbon
5352.04	próbnik kablowy	brak przyptywu	Karbon
5358.04	próbnik kablowy	brak przyptywu	Karbon

Próby złożowe tylko dla utworów karbonu

Głębokość [m]	Ciśnienie płuczki przed [Bar]	Ciśnienie płuczki po [Bar]	Ostatni odczyt odbudowy ciśnienia [Bar]	Wynik
5330,57	778,0043	778,2651	10,0354	brak przyptywu
5327,55	777,6805	777,8735	8,9645	brak przyptywu
5332,04	778,3248	778,4781	8,6947	brak przyptywu
5336,07	779,1891	779,2737	8,4748	brak przyptywu
5352,04	786,6813	786,9999	13,2808	brak przyptywu
5358,04	785,2258	785,5165	10,8167	brak przyptywu
5115,00	–	–	–	nieszczelny
5189,04	762,5587	762,5750	9,4821	brak przyptywu
5258,00	–	–	–	nieszczelny
5266,04	774,6610	774,9196	9,1527	brak przyptywu
5346,05	786,2173	786,5006	9,1635	brak przyptywu

6. DANE SEJSMICZNE

Obszar przetargowy „Malanów” jest zlokalizowany w środkowej Polsce. Pierwsze badania sejsmiczne w tym rejonie prowadzono już w latach 1960. (Białek i in., 1979). Pomiary prowadzono metodą refrakcyjną oraz refleksyjną z zapisem analogowym. Prace z zapisem cyfrowym zlokalizowane w granicach obszaru wykonywano od lat 1970. Tworzą one zadowalającą siatkę danych (Fig. 6.1. i 6.2.). Najmniejsze pokrycie jest w NW oraz SE rogu obszaru. W zestawieniu tabelarycznym (Tab. 6.1.) pominięto linie krótsze niż 2 km.

Większość zrealizowanych linii należy do podmiotów prywatnych (Fig. 6.2., Tab. 6.1). Postęp techniczny i zastosowane parametry pomiarowe pozwoliły na osiągnięcie obrazu falowego o bardzo dobrej jakości (Fig. 6.3.). Jednak jak wskazują wyniki badań przedstawione w doktoracie Maćkowskiego (2008) ponowne przetworzenie danych z lat 1980. również może znacząco poprawić jakość obrazu (Fig. 6.4.), a wykonane przez tego autora analizy pozwoliły na wskazanie potencjalnych pułapek strukturalnych w poziomie czerwonego spągowca.

Pułapki strukturalne w stropie czerwonego spągowca zostały wykartowane przez firmę Texaco przed 1996 r. Na mapie strukturalnej stropu czerwonego spągowca, opartej na interpretacji profili sejsmicznych wykonanych przez firmę Texaco, wykartowane są liczne dyslokacje o dominującym kierunku NW-SE. Wykartowanie tych pułapek skłoniło firmę Texaco do odwiercenia otworu Malanów 1.

Na zamieszczonym poniżej przekroju sejsmicznym (linia sejsmiczna 52-TX-96) pokazano przykład takiej struktury w stropie utworów czerwonego spągowca.

Na obrazie falowym obserwuje się również zmniejszenie ciągłości horyzontów sejsmicznych występującą poniżej głębokości 2000–2500 ms. Dzieje się tak, gdyż znaczna część energii sejsmicznej jest absorbowana przez warstwę osadów cechsztyńskich.

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETOMETRYCZNE

7.1. GRAWIMETRIA

Pierwsze pomiary grawimetryczne w obszarze przetargowym „Malanów” wykonane zostały na przełomie lat 1940. i 1950. (Piątkowski, 1948; Czernikowska, 1952; Reczek, 1955). Pomiary te były realizowane ze średnim zagęszczeniem 0.2 pkt/km² (zdjęcie o charakterze regionalnym). Ze względu na jakość zachowanej dokumentacji, pomiary te nie kwalifikują się niestety do cyfrowania - podobnie jak nieco późniejsze badania w rejonie Turka-Koła (Duda, 1955) czy niecki łódzkiej (Stolarek i in., 1958). Opracowanie pierwszych map regionalnych pociągnęło za sobą pierwsze prace interpretacyjne (Małoszewski, 1958; Małoszewski & Dąbek, 1964).

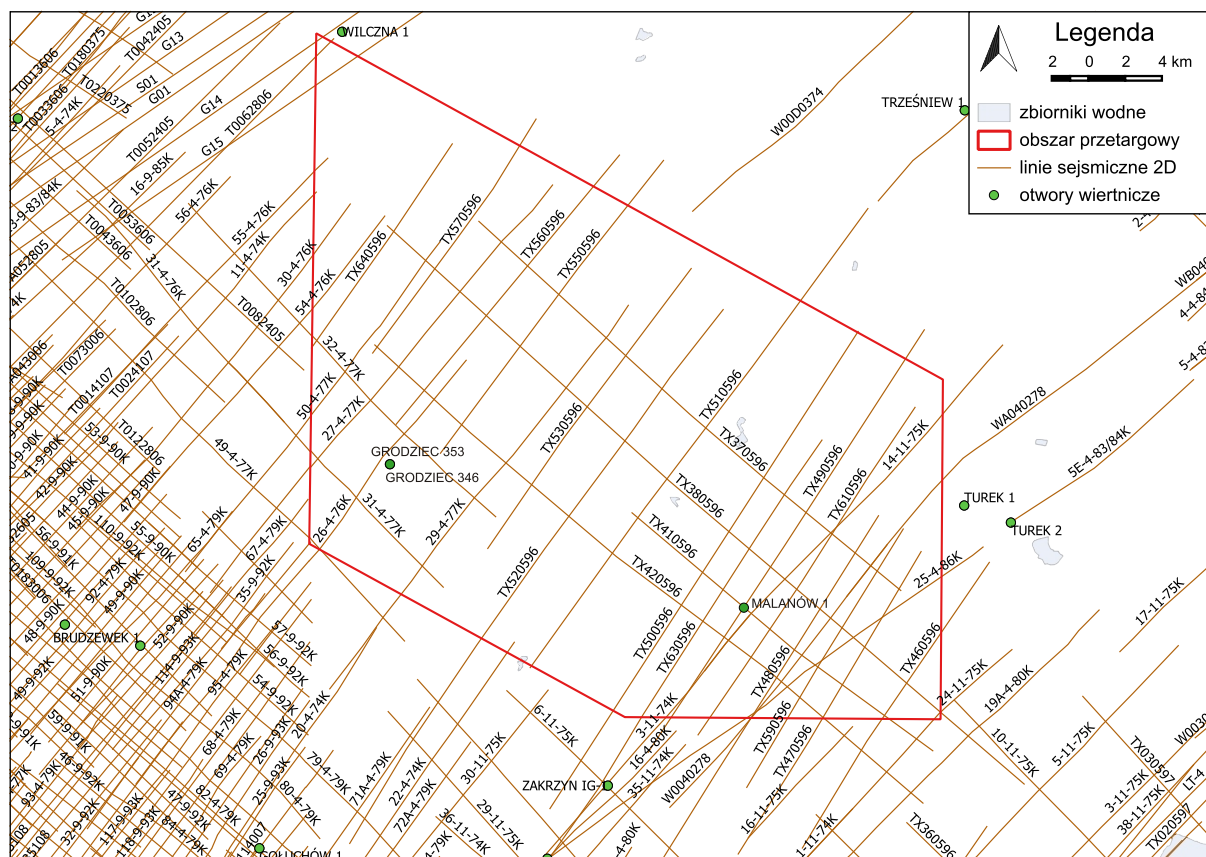
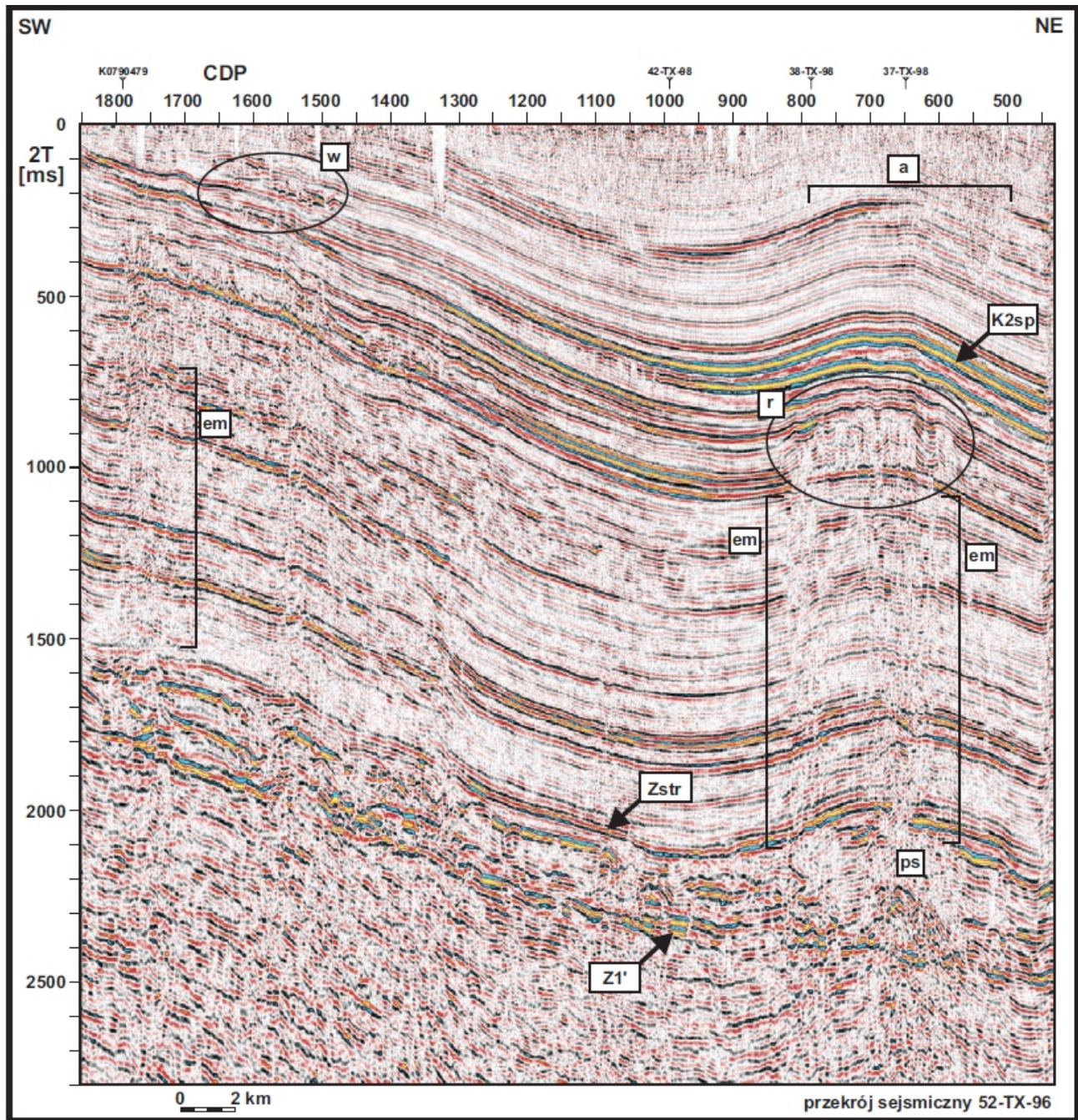


Figura 6.1. Mapa lokalizacyjna linii sejsmicznych w obszarze przetargowym „Malanów” i w jego otoczeniu.

Tabela 6.1. Lista linii sejsmicznych z obszaru przetargowego „Malanów”.

NAZWA	ROK	TEMAT	REJON	WŁAŚCICIEL	DŁUGOŚĆ [km]
3-11-74K	1974	Kalisz–Sieradz–Szczerców		Skarb Państwa	7,2
14-11-75K	1975	Kalisz–Turek–Sieradz		Skarb Państwa	19,1
26-4-76K	1976	Pyzdry–Krotoszyn–Kalisz		Skarb Państwa	13,0
30-4-76K	1976	Pyzdry–Krotoszyn–Kalisz	Grabienice	Skarb Państwa	3,4
54-4-76K	1976	Pyzdry–Krotoszyn–Kalisz	Grabienice	Skarb Państwa	6,4
27-4-77K	1977	Jarocin–Ostrów Wielkopolski	Grabina–Konin	Skarb Państwa	20,3
29-4-77K	1977	Jarocin–Ostrów Wielkopolski	Grabina–Konin	Skarb Państwa	20,0
31-4-77K	1977	Jarocin–Ostrów Wielkopolski	Grabina–Konin	Skarb Państwa	10,3
50-4-77K	1977	Jarocin–Ostrów Wielkopolski	Grabina–Konin	Skarb Państwa	11,8
32-4-77K	1977	Pyzdry–Jarocin–Konin		Skarb Państwa	14,0
W0040278	1978	Mogilno–Pabianice	Kolo–Pabianice	Skarb Państwa	12,0
WA040278	1978	Mogilno–Pabianice	Kolo–Pabianice	Skarb Państwa	8,2
25-4-86K	1986	Ponętów–Wartkowice	Kłodawa	Skarb Państwa	13,1
TX370596	1996	Turek		Texaco	30,5
TX380596	1996	Turek		Texaco	40,1
TX410596	1996	Turek		Texaco	17,9
TX420596	1996	Turek		Texaco	31,8
TX460596	1996	Turek		Texaco	5,7
TX470596	1996	Turek		Texaco	10,5
TX490596	1996	Turek		Texaco	23,3
TX500596	1996	Turek		Texaco	24,5
TX510596	1996	Turek		Texaco	24,7
TX520596	1996	Turek		Texaco	22,2
TX530596	1996	Turek		Texaco	18,8
TX550596	1996	Turek		Texaco	16,9
TX560596	1996	Turek		Texaco	16,8
TX570596	1996	Turek		Texaco	13,8
TX590596	1996	Turek		Texaco	12,1
TX610596	1996	Turek		Texaco	20,2
TX630596	1996	Turek		Texaco	18,0
TX640596	1996	Turek		Texaco	13,4
TX480596	1996	Zduńska Wola		Texaco	13,0
Suma:					
Skarb Państwa					158,80
Texaco					374,20



- a – nadsolna struktura antyklinalna
- w – wyklinowanie różnych ogniw dolnej i górnej kredy
- r – budowie rafowe w utworach oksfordu
- em – strefa zniekształcenia wywołana anomalią prędkości tzw. „efekt malmowy”
- ps – poduszka solna
- K2sp – spąg różnej kredy
- Zstr – strop cechsztynu
- Z1' – spąg cechsztynu

Figura 6.3. Linia sejsmiczna 52-TX-96 z opisem (Rys. 4.2. w: Maćkowski, 2008)

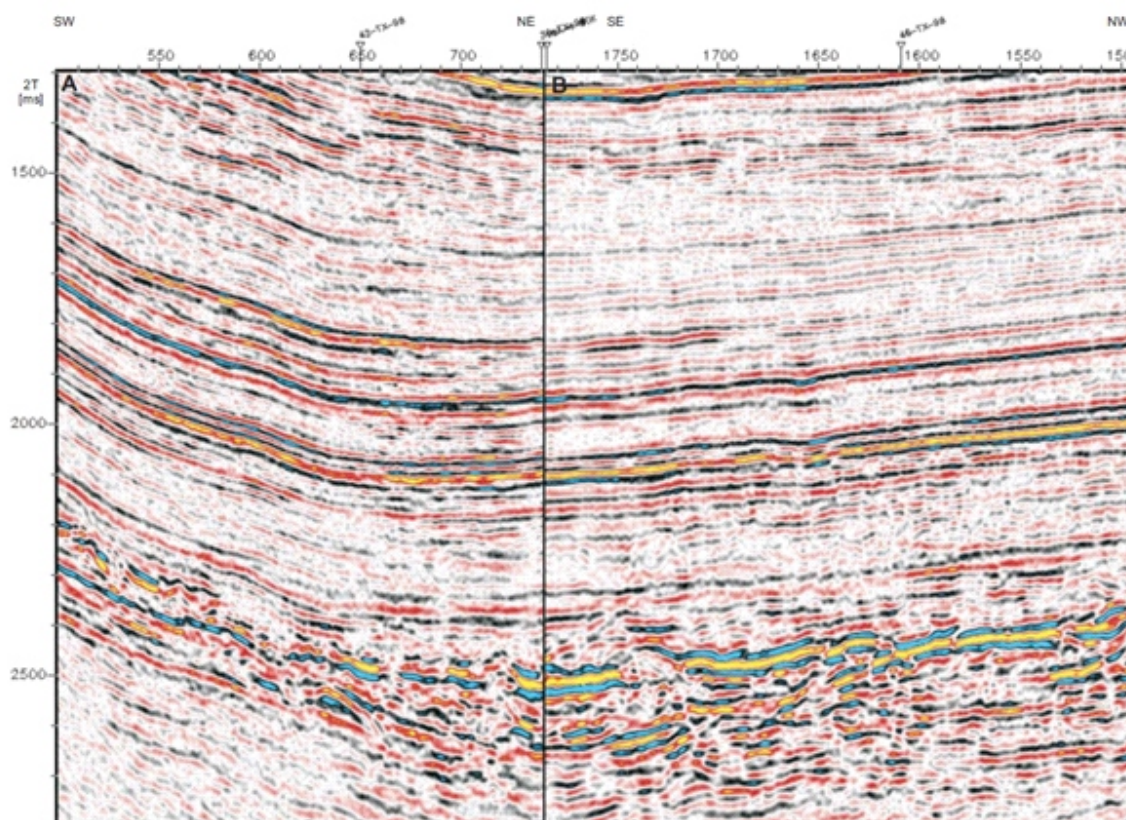


Figura 6.4. Porównanie jakości obrazu sejsmicznego

A – fragment archiwalnego profilu sejsmicznego z lat 1980. (19A-4-80k) po reprocessingu, B – fragment profilu sejsmicznego z lat 1990. (38-TX-96) (rys. 4.6. w: Maćkowski, 2008).

W latach 1960. przystąpiono do realizacji zdjęcia półszczegółowego. Zdjęcie obejmujące monoklinę przedsudecką (Duda, 1964) zostało wykonane ze średnim zagęszczeniem 1.5 pkt/km². Zdjęcie w rejonie Gostynin–Ponętów–Poddębice (Soćko, 1965, 1966) osiągnęło natomiast zagęszczenie 1.9 pkt/km², przy czym w jego ramach wykonano również 6 profili o kroku pomiarowym 400 m. Równolegle wykonywano zdjęcie w rejonie Mogilno–Konin–Uniejów (Reczek, 1966, 1967) o podobnym zagęszczeniu punktów pomiarowych oraz gęstsze (2.5 pkt/km²) zdjęcie w rejonie antyklinorium kujawskiego i rawsko-giełnowskiego (Łyszkowska & Kruk, 1969). Lokalizacja punktów pomiarowych wymienionych zdjęć półszczegółowych, w obrębie obszaru przetargowego Malanów przedstawiona została na Fig. 7.1.

Wykonanie zdjęcia półszczegółowego pociągnęło za sobą liczne prace interpretacyjne (Grzywacz, 1974; Soćko, 1976; Petecki, 1998), a także opracowanie map anomalii Bouguera w skali 1: 200 000 (arkusz Konin – Soćko & Szczypa, 1980; arkusz Kalisz – Soćko & Szczypa, 1981)

Wszystkie zdjęcia półszczegółowe zostały zcyfrowane i zunifikowane w systemie IGSN 71, w ramach realizacji „Atlasu grawimetrycznego Polski” (Królikowski & Petecki, 1995). Anomalie grawimetryczne zostały wyznaczone według formuły GRS80. Współrzędne wszystkich pomiarów określone były pierwotnie w układzie Borowa Góra. Współrzędne te zostały przeliczone na układ 1992 przez Instytut Geodezji i Kartografii (Kryński, 2007). Należy jednak pamiętać, że tak przeliczone lokalizacje charakteryzują się błędem przekraczającym w niektórych przypadkach 100 m.

Na analizowanym obszarze nie wykonano żadnego zdjęcia szczegółowego.

Na Fig. 7.2. zamieszczono mapę anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, skonstruowaną na podstawie bazy danych opracowanej na potrzeby realizacji Atlasu grawimetrycznego Polski (Królikowski & Petecki, 1995). Zgodnie z podziałem na jednostki grawimetryczne przyjętym w „Atlasie...” obszar przetargowy „Malanów” znajduje się w strefie granicy pomiędzy depresją mogileńsko-lódzką (częścią niżu szczecińsko-mogileńsko-miechowskiego) a wyżem śląskim. Granica ta przejawia się w postaci wyraźnej strefy gradientowej. Dwuwymiarowe modelowanie termiczno-grawimetryczne wykonane wzdłuż profilu sejsmiki refrakcyjnej P4 (program POLONAISE'97) i oparte na modelu prędkościowym, pokazało że basen permo-mezozoiczny (strefa TESZ) jest wypełniony osadami o gęstościach w zakresie 2.62–2.70 g/cm³, przy gęstości ok. 2.67–2.73 g/cm³ w obrębie monokliny przedsudeckiej i kratonu wschodnioeuropejskiego (Polechońska & Wróblewska, 2004).

Źródło podłużnych lokalnych anomalii ujemnych w północno-wschodnim narożu mapy należy upatrywać w tektonice solnej, a dokładniej w wysadzie solnym Izbicy (badania grawimetryczne przeprowadzone przez prof. E. Janczewskiego w latach 1937–1939). Podobną interpretację ujemnych, wydłużonych form anomalnych odnaleźć można u Piwockiego & Wasiaka (1987), którzy jedną z anomalii wiążą ze strukturą solną Kłodawy, a drugą ze strukturą Gopla (w obrębie arkusza Konin). Tak samo w obrazie anomalii rezydualnych widoczna jest struktura Mogilna (północno-wschodnia część arkusza Gniezno). Piwocki & Wasiak (1987) wydzielili anomalie lokalne,

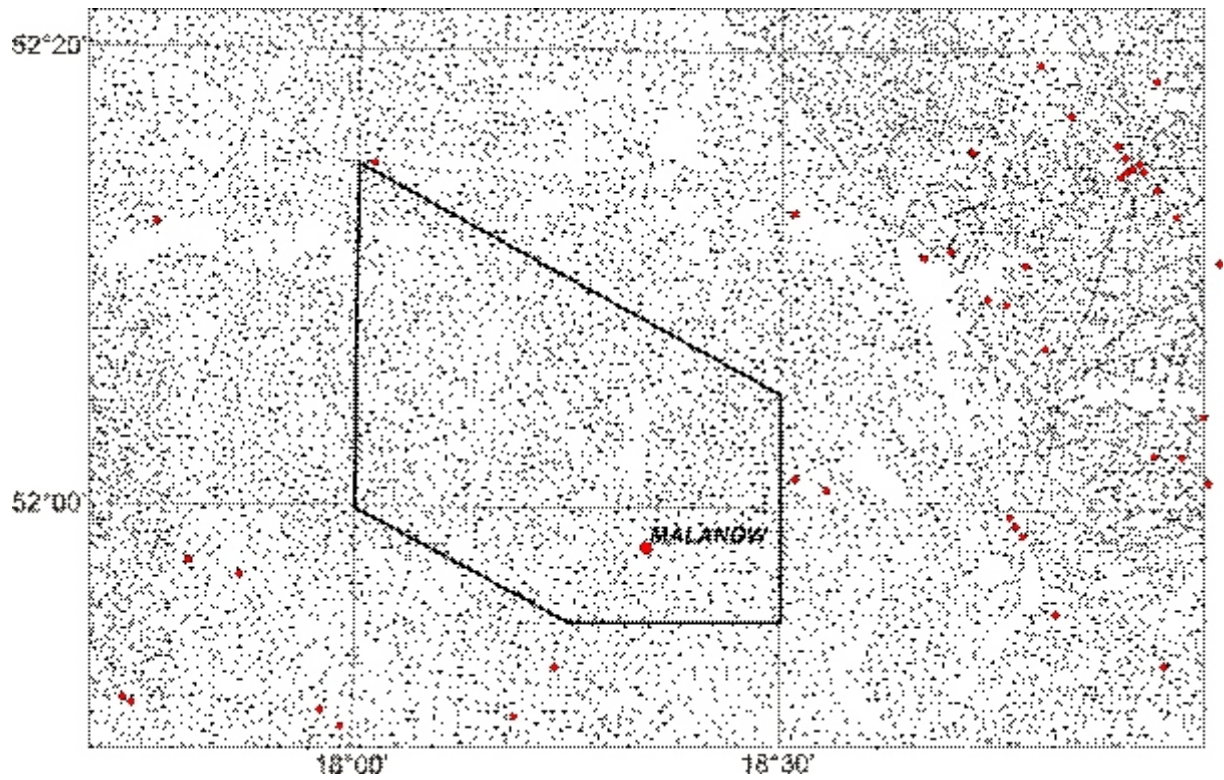


Figura 7.1. Lokalizacja punktów pomiarowych grawimetrycznego zdjęcia półszczegółowego.

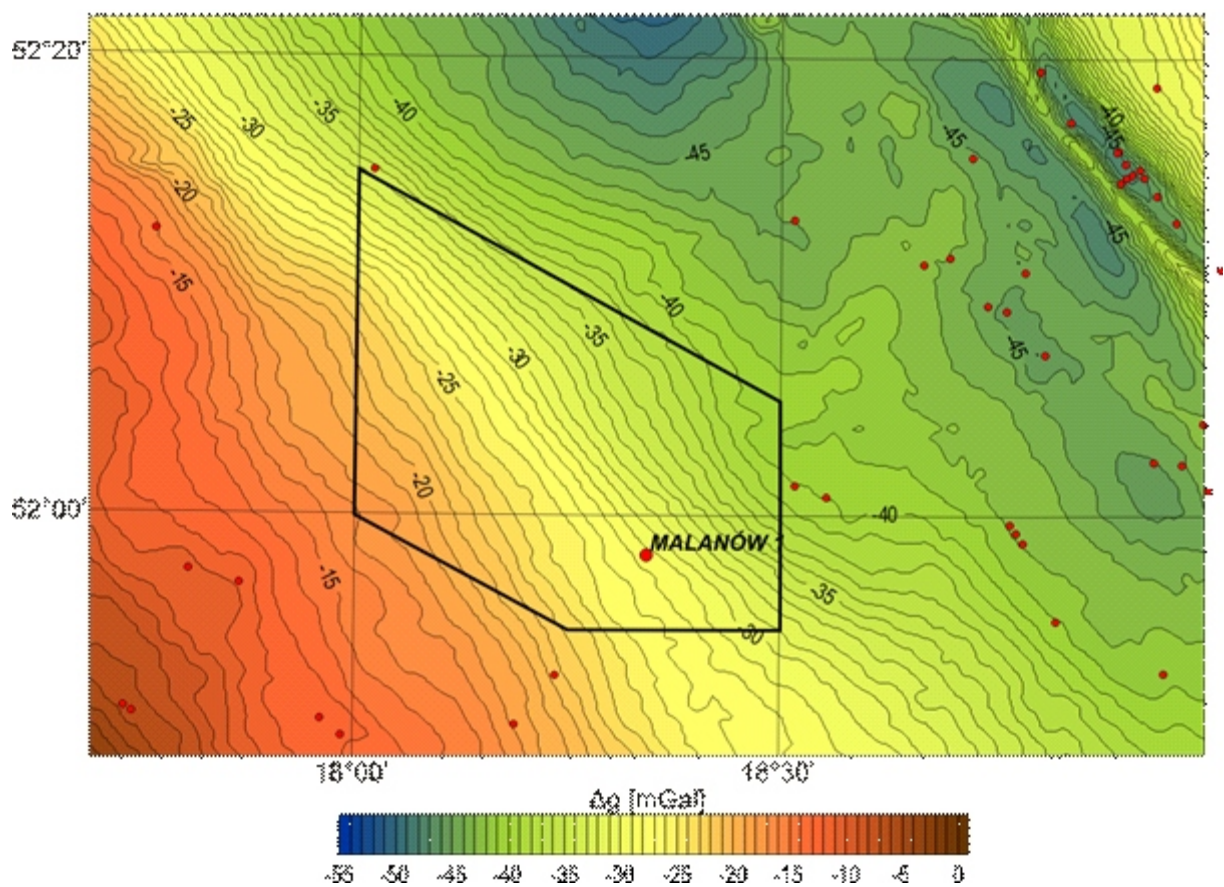


Figura 7.2. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, gęstość redukcji 2.67 g/cm³ (na podst. Królikowski & Petecki, 1995). Czarny poligon – obszar przetargowy „Malanów”, czerwone kółka – otwory badawcze.

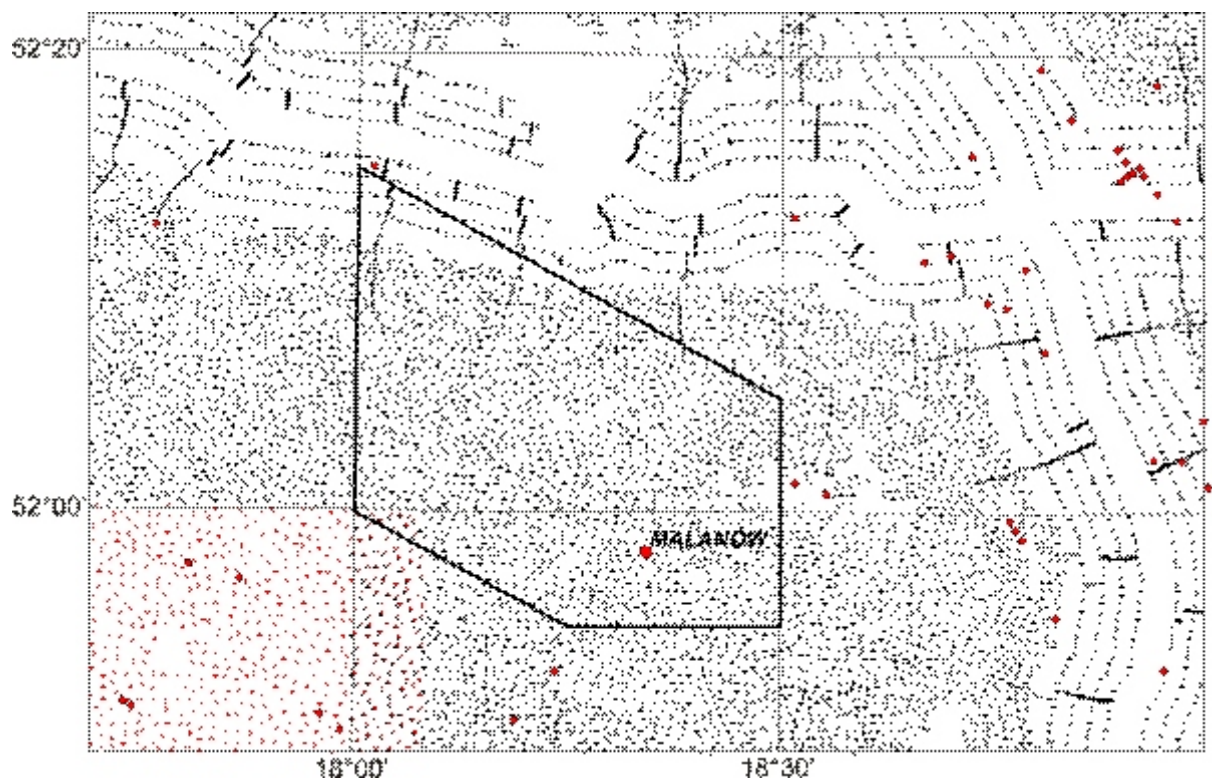


Figura 7.3. Lokalizacja punktów pomiarowych pól szczegółowego zdjęcia magnetycznego.

Czarne punkty – lokalizacja określona w układzie współrzędnych 1942, czerwone punkty – lokalizacja określona w układzie Borowa Góra.

których charakter świadczy o zróżnicowaniu gęstościowym utworów czwarto- i trzeciorzędowych, w czym węgle brunatne niewątpliwie mają znaczny udział. Wytypowano kilkanaście grawimetrycznych anomalii lokalnych uznanych za perspektywiczne dla poszukiwań węgla brunatnych.

7.2. MAGNETYKA

Systematyczne badania magnetyczne na obszarze Polski rozpoczęto jeszcze przed II Wojną Światową (Karaczun, 1954), a po wojnie kontynuowano je w latach 1950. (zob. Dąbrowski, 1960; Kozera, 1954, 1955). Były to pomiary zdjęcia pionowej składowej natężenia ziemskiego pola magnetycznego Z. Zdjęcie miało charakter regionalny, o średnim zagęszczeniu 0.2 pkt/km^2 i stosunkowo niskiej dokładności pomiarów. Pomiary umożliwiły opracowanie i analizę mapy anomalii magnetycznej w skali 1: 2 000 000 (Draczyński i in., 1968a, b; Karaczun & Karaczun, 1969).

Ze względu na słabo zróżnicowany obraz magnetyczny obszaru zachodniej i centralnej Polski, bardziej szczegółowe badania zostały wykonane tu dopiero w latach 1970.

Pierwsze zdjęcie pól szczegółowe (zagęszczenie 1 pkt/km^2) na obszarze zachodniej Polski, wykonane magnetometrami protonowymi, a więc mierzącymi całkowite natężenie ziemskiego pola magnetycznego T z dokładnością 0.1 nT , objęło monoklinę przedsudecką (Pasik, 1974), w tym SW naroże obszaru przetargowego Malanów (czerwone punkty na Fig. 7.3). Współrzędne punktów pomiarowych wyznaczone

zostały w lokalnym układzie Borowa Góra (elipsoida Bessela, odwzorowanie Gaussa-Krügera). Pozostałą część obszaru pokryto zdjęciem pól szczegółowym w ramach realizacji tematu „Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia” (Kosobudzka & Paprocki, 1997). Zdjęcie to wykonano z zagęszczeniem 2 pkt/km^2 (czarne punkty na Fig. 7.3.). Współrzędne punktów pomiarowych wyznaczono z map układu 1942 (elipsoida Krassowskiego, odwzorowanie Gaussa-Krügera). W ramach tego zdjęcia wykorzystano również zbiór starszych pomiarów zlokalizowanych w układzie Borowa Góra, przenosząc je do układu 1942 i tworząc w ten sposób „zakładkę” (na Fig. 7.3. pary czerwonych i czarnych punktów), umożliwiającą łatwe połączenie ze starszym zdjęciem z rejonu zachodniej Polski. W realizacji zdjęcia wykorzystano oprócz klasycznej metody pomiarowej tzw. metodę różnicową (Kosobudzka, 1988), która umożliwia wykonanie pomiarów w strefie zakłóceń wywołanych przez zelektryfikowane linie kolejowe. Metoda ta została wykorzystana m.in. w północnej i wschodniej części analizowanego obszaru (specyficzny układ punktów pomiarowych na Fig. 7.3., w rejonie węzła kolejowego Koło). W ramach dokumentacji opracowane zostały mapy anomalii T w skali 1: 200 000 m.in. dla arkuszy Kalisz i Kutno.

Mapa gradientu poziomego opracowana mniej więcej w tym samym czasie (Karaczun & Cieśla, 1992) oparta była natomiast na starszych pomiarach pionowej składowej Z.

Wszystkie pomiary T zostały skompilowane w celu opracowania nowej mapy magnetycznej Polski w skali 1:500 000 (Petecki i in., 2003). Pomiary zostały zredukowane

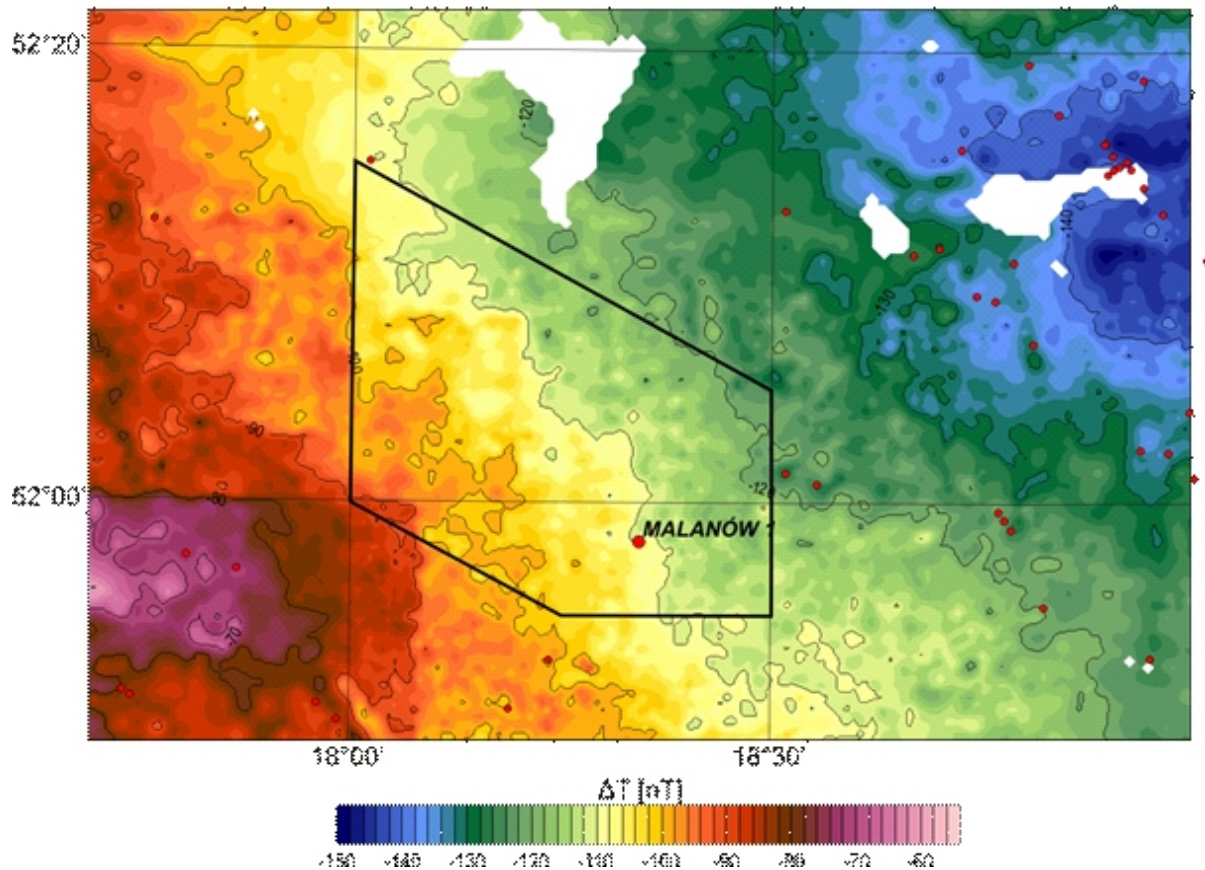


Figura 7.4. Mapa anomalii modułu całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego T .

na epokę 1982.5 przy zastosowaniu międzynarodowego pola odniesienia DGRF.

Na analizowanym obszarze nie wykonano żadnych szczegółowych zdjęć magnetycznych. Został on natomiast objęty licznymi pracami o charakterze interpretacyjnym (Dąbrowski, 1968; Małuszewski, 1968; Cieśla i in., 1995; Wybraniec, 1996, 1999; Królikowski i in., 1998; Petecki, 1998).

Obszar przetargowy „Malanów” znajduje się w obrębie tzw. magnetycznej prowincji zachodnioeuropejskiej (m.in. Petecki i in., 2003). Pole magnetyczne jest tu mało zróżnicowane, o ujemnych wartościach, niemal zupełnie pozbawione większych anomalii lokalnych (Fig. 7.4.). Ten spokojny obraz może wskazywać na głęboko położony strop podłoża magnetycznego, przykryty grubą warstwą niemagnetycznych skał osadowych. Szacunkowo strop źródeł magnetycznych w tym rejonie występuje na średniej głębokości ok. 18.5 km (Petecki, 2001). Podobne wyniki uzyskano w wyniku dwuwymiarowego modelowania magnetycznego wzdłuż profilu sejsmicznego P4 (Grabowska & Bojdis, 2004).

W obrębie przetargowym „Malanów” nie wykonano żadnych badań magnetotellurycznych czy tellurycznych.

8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI

Perspektywy poszukiwawcze dla złóż węglowodorów na obszarze przetargowym „Malanów” są związane z głęboko pogrzebanymi piaskowcami czerwonego spągowca. Profil czerwonego spągowca w wierceniu Malanów 1 jest częściowo

reprezentowany przez piaskowce eoliczne, które mogły zachować porowatość i stanowić skalę zbiornikową.

Wyniki analizy systemu naftowego wskazują na istniejący w przeszłości system generacyjny, a tym samym możliwość migracji i akumulacji węglowodorów na obszarze przetargowym „Malanów”. Potencjalne pułapki mogły zostać rozformowane już w późnym karbonie. Jest jednak możliwość resztkowej generacji w trakcie pograżenia obszaru w triasie i jurze, kiedy piaskowce czerwonego spągowca były już uszczelnione utworami cechsztynu. W przypadku odkrycia struktur w czerwonym spągowcu, uszczelnionych osadami cechsztynu, można spodziewać się istnienia nagromadzeń gazu ziemnego. Struktury takie o charakterze wyniesionych bloków (Fig. 2.3) zostały zinterpretowane przez firmę Texaco na podstawie wykonanych przez nią badań sejsmicznych w tym rejonie.

Drugą możliwością jest istnienie gazu zamkniętego (*tight gas*) w piaskowcach czerwonego spągowca nawet na znacznej głębokości przekraczającej obecnie 5000 m (Wójcicki i inni., 2014). W trakcie wiercenia otworu Malanów 1 nie zakładano wariantu możliwego występowania gazu zamkniętego, i tym samym nie przeprowadzono wszystkich niezbędnych analiz. Zakładając jednak możliwość występowania gazu zamkniętego oraz możliwość jego częściowej remigracji, warto nadal na obszarze przetargowym „Malanów” nastawić się w pierwszym rzędzie na ponowne rozpoznanie struktur w stropie utworów czerwonego spągowca szczególnie w północno-zachodniej części obszaru. W zachodniej części obszaru „Malanów” utwory czerwonego spągowca występują płycej (patrz profil czerwonego spągowca w wierceniu Zakrzyn IG 1) i tam też jest większa szansa na poszukiwanie konwencjonalnych złóż gazu.

W części wschodniej obszaru przetargowego „Malanów” utwory czerwonego spągowca występują na większej głębokości i tam wzrasta szansa na odkrycie niekonwencjonalnych pułapek gazu typu gazu zamkniętego.

Według obecnego stanu rozpoznania obszaru pojawia się możliwość odkrycia i udokumentowania konwencjonalnych złóż węglowodorów w obrębie stropowej partii utworów czerwonego spągowca. Istnieją interpretacje wskazujące obecność trzech antyklin przyskokowych widocznych na mapie stropu czerwonego spągowca. Strefa ta była interpretowana przez Maćkowskiego i w rezultacie tej interpretacji wydzielonych zostało kilka pozytywnych elementów strukturalnych.

Jednym z nich jest Horst Malanowa częściowo rozpoznany otworem Malanów-1, manifestujący się na mapie stropu czerwonego spągowca (Fig. 2.3.), ograniczony jest systemem prostopadłych uskoku o kierunku NW-SE i SW-NE. Powierzchnia stropu utworów czerwonego spągowca zapada w kierunku NE osiągając wartości 4–7°. Interpretacja głębokościowa materiałów sejsmicznych stwierdziła dwukulminacyjny charakter horstu Malanowa oraz umożliwiła określenie amplitudy struktury na 60 m wzdłuż przekroju sejsmicznego 49-TX-96. Przeprowadzone modelowanie napełnienia pułapki Malanowa wykazało, iż nasycenie węglowodorami jest możliwe tylko w najwyższej części struktury. W wyniku modelowania określono miąższości stref efektywnych na 19,5 m dla części północnej i 7,5 m dla części południowej struktury. Wyniki modelowań wykazały również, że otwór Malanów-1 został odwiercony poza konturem złożowym (GWC), który występuje w elewacji północnej struktury na głębokości $-/4825,7$ m p.p.m., natomiast w części południowej struktury na głębokości $-/4806,2$ m p.p.m. dając powierzchnię potencjalnie perspektywiczną odpowiednio $1,08 \text{ km}^2$ i $0,79 \text{ km}^2$.

Blok centralny to strefa antyklinalna, na mapie stropu czerwonego spągowca położona wyżej niż opisywany horst Malanowa. Jest to także obiekt o założeniach tektonicznych i w jego obrębie zarysowują się obiekty "B" i "C" widoczne na Fig. 2.3. Obiekt "B" zaznacza się na profilu 51-TX-96 (Fig. 8.1.) w jego części południowej i kontynuuje się na profilu 50-TX-96, jednak obiekt ten wymaga uszczegółowienia dodatkowymi profilami sejsmicznymi, gdyż odległość pomiędzy dokumentującymi go profilami wynosi 5 km a szczyt struktury według interpretacji wypada pomiędzy nimi. Maksymalna miąższość piaskowców nasyconych gazem wynosi 81,2 m, kontur (GWC) wg modelowania znajduje się na głębokości $-/4508,4$ m p.p.m. a powierzchnia obiektu wynosi $13,7 \text{ km}^2$. Na północ od struktury "B" jest widoczna struktura zrębowa "C" z dwoma kulminacjami – wschodnią i zachodnią. Ten dwukulminacyjny obiekt zinterpretowany został na profilach 51 TX 96 oraz 52-TX-96 (Fig. 8.1, i Fig. 8.2). Wymodelowane kontury gazu (GWC) znajdują się na głębokościach $-/4733,6$ m w części wschodniej oraz $-/4714,9$ m p.p.m. w zachodniej, przy powierzchniach oscylujących w okolicy 4 km^2 dla każdej z części obiektu.

Na północ od bloku centralnego zarysowuje się blok północno-wschodni, w obrębie którego zinterpretowano

antyklinę ograniczoną od SW odwróconym uskokiem, która zaznaczona jest na mapie stropu czerwonego spągowca (Fig. 2.3.) jako pułapka "A" i widoczna jest na profilu 29-4-77K (Fig. 8.3.). Wyinterpretowany kontur gazu znajduje się na głębokości $-/4374,4$ m p.p.m., a zatem jest on najwyższym położonym obiektem dla utworów czerwonego spągowca na omawianym obszarze. Przewidywana miąższość piaskowców nasyconych gazem może osiągnąć 63,9 m, a powierzchnia obiektu szacowana jest na $4,3 \text{ km}^2$.

Poniżej przedstawiono parametry obiektów perspektywicznych wykartowanych na mapie stropu P1 (czerwony spągowiec).

Pułapka "A": zidentyfikowana na archiwalnym profilu sejsmicznym 29-4-77K po przetwarzaniu powtórnym, miąższość maksymalna piaskowców nasyconych gazem wynosi 63,9 m, kontur gazu (GWC) występuje na głębokości $-/4374,4$ m p.p.m., powierzchnia struktury $4,3 \text{ km}^2$.

Pułapka "B": Zidentyfikowana na profilu 51-TX-96. Miąższość wg modelowań 81,2 m, kontur (GWC) $-/4508,4$ m p.p.m. Powierzchnia pułapki potencjalnej wynosi $13,7 \text{ km}^2$. Kulminacja występuje pomiędzy przekrojami sejsmicznymi co wymaga wykonania dodatkowych prac kartograficznych dla potwierdzenia parametrów pułapki.

Pułapka "C": z dwoma kulminacjami zlokalizowana na profilach 51-TX-96 i 52-TX-96. Miąższość maksymalna 36,3 m w części zachodniej oraz 35,6 m w części wschodniej. Kontur (GWC) w części zachodniej $-/4714,9$ m, wschodniej $-/4733,6$ m p.p.m. Powierzchnia obiektu wyliczona została odpowiednio: $3,96 \text{ km}^2$ dla cz. wschodniej i $4,18 \text{ km}^2$ dla zachodniej.

Dokonano również próby wyliczenia potencjalnych zasobów geologicznych, w oparciu o parametry pochodzące z modelowania oszacowano zasoby dla obiektów "A" i "B" odpowiednio $11,22 \text{ mln m}^3$ dla obiektu "A" i $37,59 \text{ mln m}^3$ dla obiektu "B". Potencjalne zasoby dla obiektu "C" są znacznie niższe i wynoszą dla wschodniej części $6,14 \text{ mln m}^3$, a zachodniego $4,32 \text{ mln m}^3$. Efektem modelowania było również określenie prawdopodobnego czasu napełnienia pułapki którym wydaje się być etap starokimeryjski generowania i migracji węglowodorów (Maćkowski 2008). Obecny stan rozpoznania nie wyklucza także możliwości odkrycia niekonwencjonalnych złóż jednakże głębokość zalegania perspektywicznych dla tych złóż niekonwencjonalnych interwałów w obrębie utworów czerwonego spągowca przekracza 5000 m, co może być trudną do pokonania barierą technologiczną.

Proponowany minimalny zakres prac, który umożliwi rozpoznanie perspektywiczności występowania węglowodorów i ewentualne udokumentowanie złoża obejmuje:

1. Reprocessing, integrację oraz reinterpretację archiwalnych danych sejsmicznych i otworowych.
2. Wykonanie otworu poszukiwawczego o minimalnej głębokości 5000 m TVD wraz z pomiarami geofizycznymi umożliwiającymi analizę petrofizyczną litologii i nasycenia oraz bezpieczne wykonanie robót górniczych.

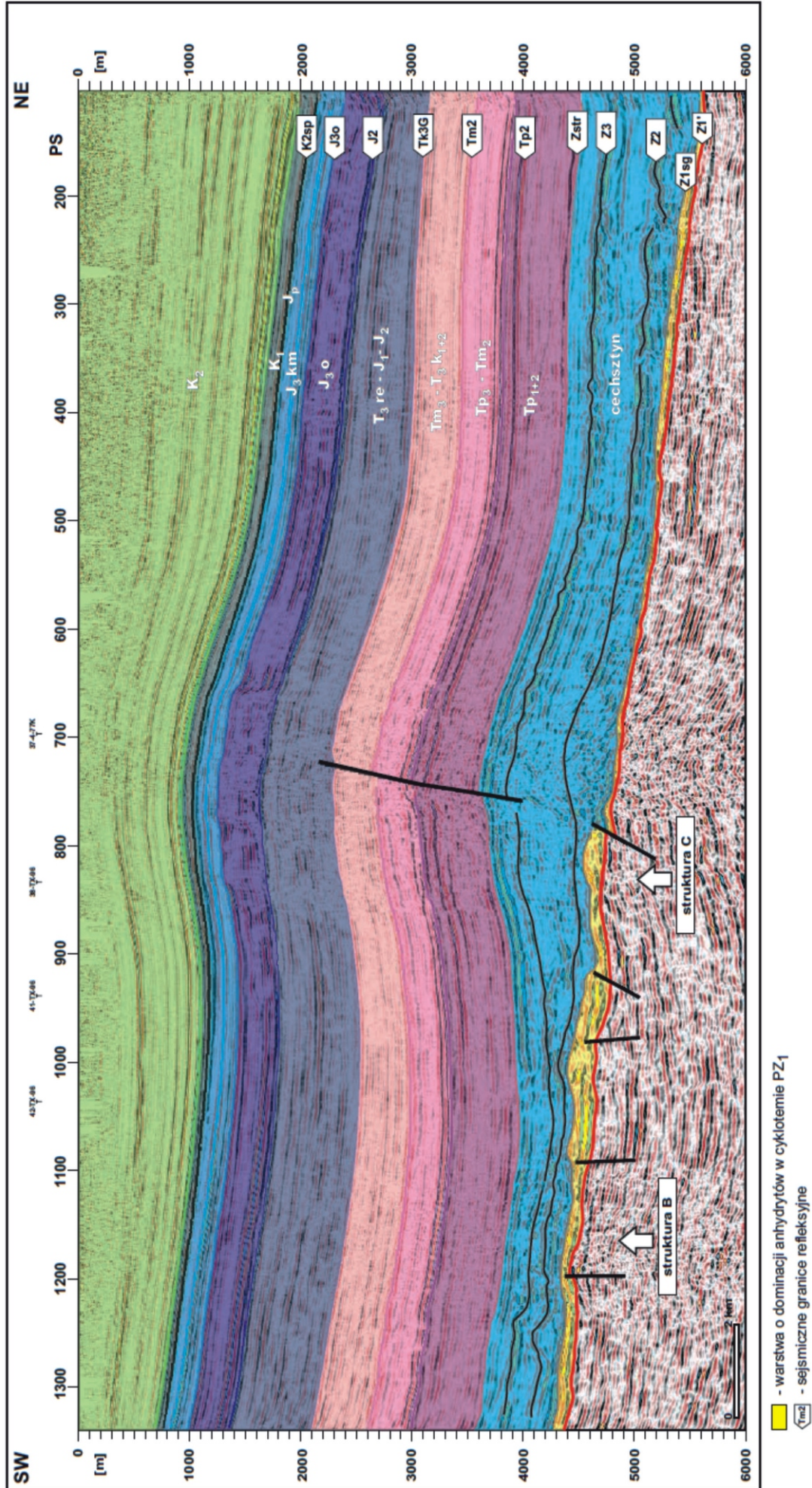


Figura 8.1. Głębościowy przekrój sejsmiczny 51-TX-96 z interpretacją kompleksu cechsztyńsko - mezozoicznego i zaznaczonymi obiektami "B" i "C".

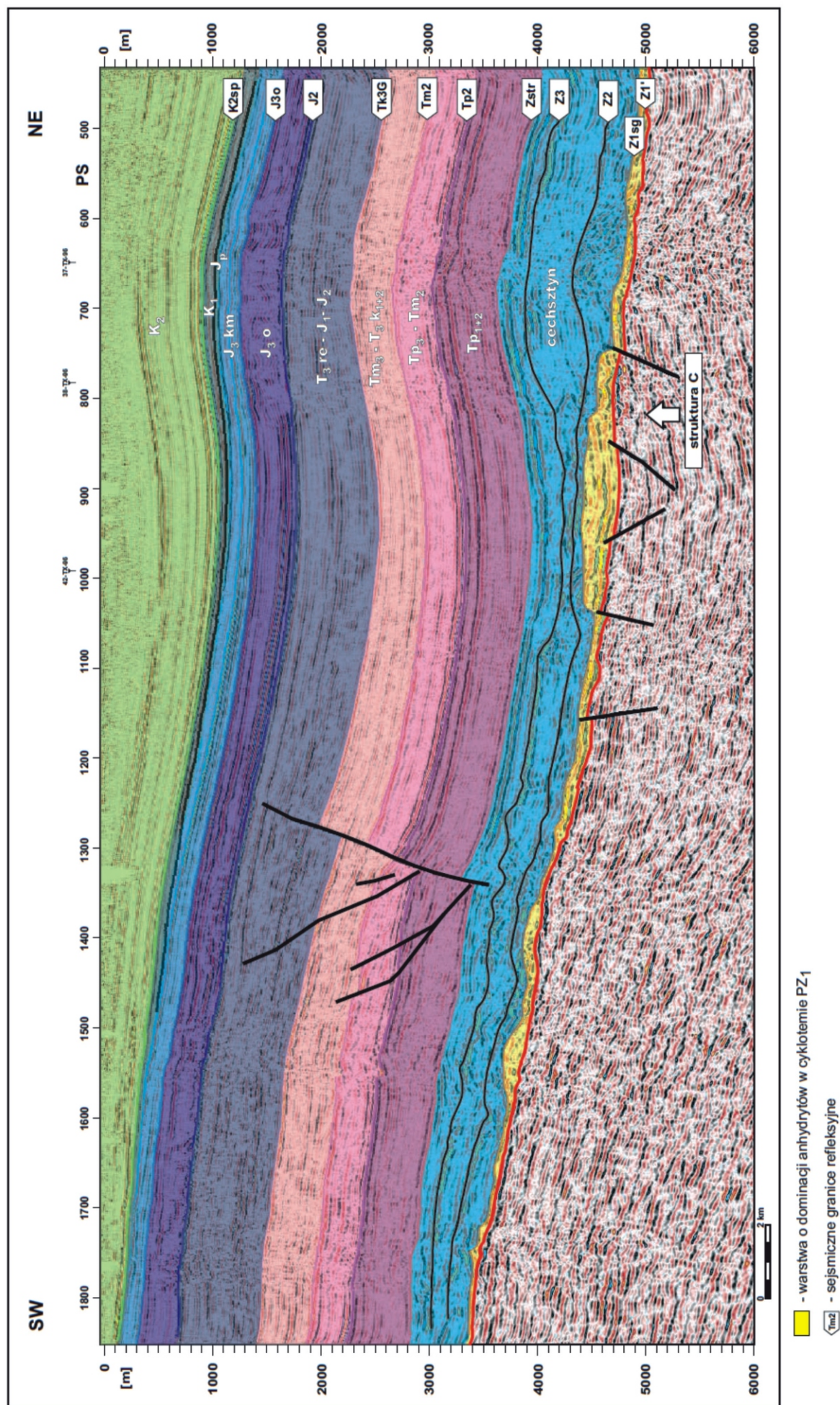


Figura 8.2. Głębokościowy przekrój sejsmiczny 52-TX-96 z interpretacją kompleksu cechoszyńskiego-mezozoicznego i zaznaczonym obiektem "C".

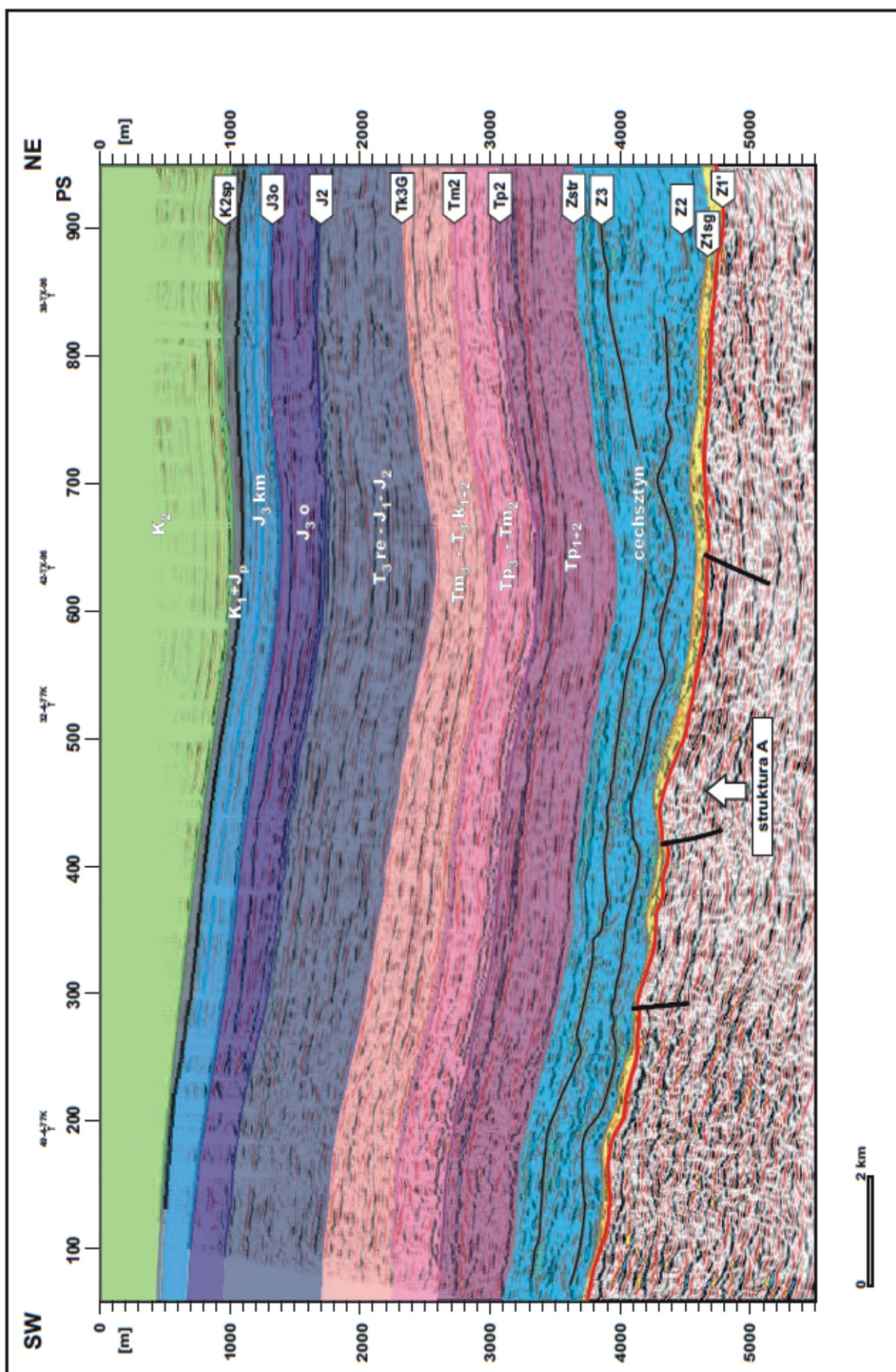


Figura 8.3. Głębokościowy przekrój sejsmiczny 29-4-77K z interpretacją kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego i zaznaczonym obiektem "A".

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- Al-Hajeri, M.M., Al. Saeed, M., Derks, J., Fuchs, T., Hantschel, T., Kaureauf, A., Neymaier, M., Schenk, O., Swientek, O., Tessen, M., Welte, D., Wygrala, B., Kornpihl, D., Peters, K., 2009. Basin and Petroleum System Modeling. *Oilfield Review Summer* 2009: 21, no. 2.
- Antonowicz, L., Iwanowska, E., Jamrozik, J., Nowicka, A., 1993. Pochylone bloki/półrowy podłoża permu na obszarze antyklinorium i synklinorium pomorskiego – implikacje dla poszukiwań naftowych. *Prz. Geol.*, 41: 71–74.
- Antonowicz, L., Iwanowska, E., Rendak, A., 1994. Tensional tectonics in the Pomeranian section of the T-T Zone and the implications for hydrocarbon exploration. *Geol. Quart.*, 38: 289–306.
- Bachleđa-Curuš, T., Burzewski, W., Halat, Z., Semyrka, R., 1996. Hydrocarbon generation potential of sedimentary formations in the Western Pomerania. *Oil and Gas News*, 6: 163–170.
- Bahranowski, K., Protas, A., Gawel, A., Górniak, K., Ratajczak, T., Szydlak, T., 2007. Black shales of the Lower Carboniferous: source rocks of bitumen accumulations in the Western Pomerania area. *Prz. Geol.*, 55: 281–282.
- Białek, A., Midura, A., Okulas, H., 1979. Dokumentacja sejsmiczna badań refleksyjnych oraz badań grawimetrycznych. Temat: Mogilno–Pabianice, rejon: Koło–Pabianice 1977–7198 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 20540 Kat. 54/175).
- Botor, D., 2006. Jednowymiarowe modelowania procesów generowania węglowodorów. W: *Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce* (red. W. Górecki). Arch. ZSE-AGH Kraków.
- Botor, D., Kosakowski, P., 2000. Zastosowanie modeli numerycznych do rekonstrukcji paleotemperatur i procesów generowania węglowodorów. *Prz. Geol.*, 48: 154–161.
- Botor, D., Papiernik, B., Maćkowski, T., Reicher, B., Kosakowski, P., Machowski, G., Górecki, W., 2013. Gas generation in Carboniferous source rocks of the Variscan foreland basin: implications for a charge history of Rotliegend deposits with natural gases. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 83: 353–383.
- Burzewski, W., Górecki, W., Maćkowski, T., Papiernik, B., Reicher, B., 2009. Prognostic gas reserves – undiscovered potential of gas in the Polish Rotliegend Basin. *Kwart. AGH Geologia*, 35: 123–128.
- Cieśla, E., Petecki Z., Wybraniec S., 1995. Mapa Magnetyczna Polski w skali 1:200 000 z komputerowym bankiem danych i interpretacją elementów strukturalnych dla arkuszy: Poznań, Gniezno, Zielona Góra, Leszno, Ostrów Wlkp., Kalisz, Zgorzelec, Jelenia Góra, Wałbrzych, Wrocław, Kłodzko, Nysa, Gliwice. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1124/95).
- Czernikowska, E., 1952. Sprawozdanie z pomiarów grawimetrycznych na Kujawach, 1951. CAG PIG, Warszawa (Inw. 5851 Kat. 3827/62).
- Dadlez, R., 1997. Epicontinental basins in Poland: Devonian to Cretaceous — Relationship between the crystalline basement and sedimentary infill. *Geol. Quart.*, 41: 419–432.
- Dadlez, R. (red.), 1998. Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Niżu Polskim, 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Dadlez, R., Franczyk, M., 1976. Znaczenie paleogeograficzne i paleotektoniczne garbu wielkopolskiego w czasie jury dolnej. *Biul. Inst. Geol.*, 295: 27–49.
- Dadlez, R., Franczyk, M., 1977. Stratygrafia i paleogeografia. Retyk i jura dolna. *Prace Inst. Geol.*, 80: 54–65.
- Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J., 1998. Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce 1:2 500 000. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3417/98).
- Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J., 2000. Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku. Arch. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/958).
- Dayczak-Calikowska, K., 1977. Stratygrafia i paleogeografia. Jura środkowa. *Prace Inst. Geol.*, 80: 65–75.
- Dąbrowski, A., 1960. Badania geofizyczne – Czterdzieści lat Instytutu Geologicznego. Wyd. Geol., Warszawa.
- Dąbrowski, A., 1968. Mapa lokalnych anomalii obszaru przedsudeckiego, 1968. CAG PIG, Warszawa (Inw. 41542 Kat. 62/103).
- Deczkowski, Z., 1976. Charakterystyka osadów jury dolnej i środkowej obszaru kalisko-częstochowskiego. *Biul. Inst. Geol.*, 295: 57–85.
- Deczkowski, Z., 1977. Budowa geologiczna pokrywy permsko-mezozoicznej i jej podłoża we wschodniej części monokliny przedsudeckiej (obszar kalisko-częstochowski. *Prace Inst. Geol.*, 82.
- Deczkowski, Z., 1982. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego: Florentyna IG-2. CAG PIG, Warszawa (128023).
- Deczkowski, Z., 1984. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego: Zakrzyn IG-1. CAG PIG, Warszawa (129223).
- Dembowska, J., 1977. Stratygrafia i paleogeografia. Jura górna. *Prace Inst. Geol.*, 80: 75–83.
- Dembowska, J., 1979. Systematyzowanie litostratygrafii jury górnej w Polsce północnej i środkowej. *Kwart. Geol.*, 23: 617–630.
- Draczyński, W., Karaczun, K., Karaczun, M., 1968a. Zestawienie, analiza i interpretacja mapy magnetycznej 1:2 000 000 niecki mogileńsko-lódzkiej. CAG PIG, Warszawa (Inw. 39971 Kat. 64/144).
- Draczyński, W., Karaczun, K., Karaczun, M., 1968b. Zestawienie, analiza i interpretacja mapy magnetycznej w skali 1:2 000 000 Synklinorium Warszawskiego. CAG PIG, Warszawa (Inw. 39965 Kat. 55/144).
- Duda, W., 1955. Sprawozdanie z pomiarów grawimetrycznych na obszarze Turek–Koło, 1954. CAG PIG, Warszawa (Kat. 54/90).
- Duda, W., 1964. Opracowanie półszczegółowych badań grawimetrycznych: Monoklina Przedsudecka (Leszno–Ostrzeszów), 1963. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1044 Kat. 4123/34).
- Feldman-Olszewska, A., 1998a. Jura dolna. Miąższość. W: *Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce 1:2 500 000* (red. R. Dadlez, S. Marek i J. Pokorski): plansza 36. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3417/98).
- Feldman-Olszewska, A., 1998b. Jura środkowa. Miąższość. W: *Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce 1:2 500 000* (red. R. Dadlez, S. Marek i J. Pokorski): plansza 49. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3417/98).
- Frankel, F., A., Hadro, J., Jawor, E., 1999. Dokumentacja geologiczna otworu wiertniczego Malanów-1. CAG PIG, Warszawa (Inw. 134728).
- Gajewska, I., 1977. Stratygrafia i paleogeografia. Wapień muszlowy i kajper. *Prace Inst. Geol.*, 80: 50–53.
- Gaździcka, E., 1998. Paleogeografia wczesnego i późnego tytonu (wczesnego i środkowego wógu). W: *Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce 1:2 500 000* (red. R. Dadlez, S. Marek i J. Pokorski): plansze 53–54. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3417/98).
- Górecka-Nowak, A., 2007. Palynological constraints on the age of Carboniferous clastic succession of western Poland. *Geol. Quart.*, 51: 39–56.
- Górecki, W. (red.), 2006. Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim. Formacje Mezozoiku. AGH, Kraków.
- Górecki, W., Maćkowski, T., Papiernik, B., Reicher, B., 2009. Dwuwymiarowe modelowania historii termicznej i generowania/ekspulsji węglowodorów oraz modelowania migracji węglowodorów. W: *Historia oraz geneza zdarzeń termicznych w basenie polskim i jego osadowym podłożu – ich znaczenie dla rekonstrukcji procesów generowania węglowodorów* (red. P. Poprawa). CAG PIG, Warszawa (Inw. 5568/2011).
- Grabowska, T., Bojdis, G., 2004. Analysis of geomagnetic field along seismic profile P4 of the International Project POLONAISE'97. *Tectonophysics*, 383: 15–28.
- Grotek I., 1984. Badania petrograficzne. W: *Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Zakrzyn IG-1* (red. Z. Deczkowski). CAG PIG, Warszawa (Inw. 129223).
- Grotek, I., 2005. Alteration of the coalification degree of the organic matter dispersed in the Carboniferous sediments along border

- of the East-European Craton in Poland. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 413: 5–80.
- Grotek, I., 2006. Thermal maturity of organic matter from the sedimentary cover deposits from Pomeranian part of the TESZ. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 186: 253–269.
- Grzywacz, J., 1974. Opracowanie badań grawimetrycznych. Temat: Lutomiersk–Poddębice–Gopło, (reinterpretacja), 1974 rok. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1845 Kat. 54/169).
- Highley, D.K., Lewan, M., Roberts, L.N.R., Henry, M.E., 2006. Petroleum System Modeling Capabilities for Use in Oil and Gas Resources Assessments. USGS Open-File Report 2006-1024.
- Iwanow, A., 1998. Paleogeografia późnego piaskowca pstrego, wapienia muszlowego, kajpru i retyku. W: *Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce 1:2 500 000* (red. R. Dadlez, S. Marek i J. Pokorski): tablice 15–19, 22–26. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3417/98).
- Iwanow, A., Kiersnowski, H., 1998. Paleogeografia wczesnego i środkowego piaskowca pstrego. W: *Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce 1:2 500 000* (red. R. Dadlez, S. Marek i J. Pokorski): tablice: 11–13. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3417/98).
- Jaworowski, K., Mikołajewski, Z., 2007. Oil- and gas-bearing sediments of the Main Dolomite (Ca₂) in the Międzychód region: depositional model and a problem of the boundary between the second and third depositional sequences in the Polish Zechstein Basin. *Prz. Geol.*, 55.
- Karaczun, K., 1954. Katalog punktów magnetycznych ze zdjęcia PIG w latach 1937-1939 na obszarze Wielkopolski i Pomorza, 1954. CAG PIG, Warszawa (Inw. 5973 Kat. 3327/24).
- Karaczun, K., Cieśla, E., 1992. Opracowanie i interpretacja map magnetycznych średnich bezwzględnych map gradientu poziomego w skali 1:200 000, 1991. CAG PIG, Warszawa (Kat. 179/92).
- Karaczun, K., Karaczun, M., 1969. Zestawienie, analiza i interpretacja mapy magnetycznej 1:2 000 000 oraz historia badań i charakterystyka magnetyczna antyklinorium kujawskiego i rawsko - gielniowskiego 1969 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 42461 Kat. 43/162).
- Karnkowski, P., 1993. Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce, vol. 2. *Niż Polski*, Wydawnictwo AGH – Geos, Kraków, 214 pp.
- Karnkowski, P.H., 1999. Origin and evolution of the Polish Rotliegend Basin. *Pol. Geol. Inst. Spec. Pap.*, 3: 1–93.
- Kicman, W., 1970. Dokumentacja wynikowa otworu: Wilczna-1. CAG PIG, Warszawa (Inw. 106140).
- Kiersnowski, H., Buniak, A., 2006. Evolution of the Rotliegend Basin of northwestern Poland. *Geol. Quart.*, 50: 119–138.
- Kiersnowski, H., Buniak, A., Kuberska, M., Srokowska-Okońska, A., 2010. Występowanie gazu ziemnego zamkniętego w piaskowcach czerwonego spągowca Polski. Tight gas accumulations in Rotliegend sandstones of Poland. *Prz. Geol.*, 58: 335–346.
- Kondracki, J., 2009. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kosakowski, P., Kotarba, M.J., Pokorski, J., Wróbel, M., 2006. Hydrocarbon potential of the carboniferous strata on the Kołobrzeg and Gryfice Blocks (northwestern Poland). 68th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC, 12–15 June, Vienna. Extended Abstracts CD ROM, Association of Geoscientists & Engineers, Vienna.
- Kosobudzka, I., 1988. Pomiary magnetyczne w strefach zakłóceń wywołanych elektrycznymi prądami kolejowymi. *Biuletyn Informacyjny Geofizyka Stosowana*, 2: 38–51.
- Kosobudzka, I., Paprocki, A., 1997. Wykonanie półszczegółowych badań magnetycznych "T" w Polsce zachodniej, centralnej i południowo-wschodniej w latach 1995–1997. CAG PIG, Warszawa (Inw. 812/98, 338/98).
- Kotarba, M.J., Piela, J., Żolnierczuk, T., 1992. Origin of gas accumulations in the Permian–Carboniferous traps of the Paproc field based on isotopic data. *Prz. Geol.*, 40: 260–263.
- Kotarba, M.J., Grelowski, C., Kosakowski, P., Więclaw, D., Kowalski, A., Sikorski, B., 1999. Hydrocarbon potential of source rocks and origin of gas accumulations in the Rotliegend and Carboniferous in the northern part of western Pomerania. *Prz. Geol.*, 47: 480.
- Kotarba, M., Kosakowski, P., Więclaw, D., Grelowski, C., Kowalski, A., Lech, S., Merta, H., 2004. Hydrocarbon potential of Carboniferous source rocks on the Baltic part of Pomeranian Segment of the Middle Polish Trough. *Prz. Geol.*, 52: 1156–1165.
- Kotarba, M., Pokorski, J., Grelowski, C., Kosakowski, P., 2005. Origin of natural gases accumulated in Carboniferous and Rotliegend strata on the Baltic part of the Western Pomerania. *Prz. Geol.*, 53: 425–433.
- Kotarba, M., Wagner, R., 2007. Generation potential of the Zechstein Main Dolomite (Ca₂) carbonates in Gorzów Wielkopolski–Międzychód–Lubiatów area: geological and geochemical approach to microbial-algal source rock. *Prz. Geol.*, 55: 1025–1036.
- Kozera, A., 1954. Sprawozdanie z badań magnetycznych rejonu Niecki Nidziańskiej i Niecki Łódzkiej przeprowadzonych przez Grupę Magnetyczną II Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w roku 1953 zgodnie z Planem Technicznym IG, CAG PIG, Warszawa (Kat. 64/151).
- Kozera, A., 1955. Sprawozdanie z prac magnetycznych. Temat: Regionalne badania na Śląsku, Ziemi Lubuskiej i w Wielkopolsce przeprowadzonych przez Grupę Magnetyczną II PPG w 1955 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 40604 Kat. 63/110).
- Królikowski, Cz., Petecki, Z., 1995. *Atlas grawimetryczny Polski*. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Królikowski, C., Petecki, Z., Uhrynowski, A., Żółtowski, Z., 1998. Gęstościowe i magnetyczne modele skorupy ziemskiej w zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej, 1998. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1/99).
- Kryński, J., 2007. Precyzyjne modelowanie quasigeoidy na obszarze Polski – wyniki i ocena dokładności. *Seria Monograficzna IGIK*, nr 13, Warszawa.
- Krzemiński, L., 2005. Prowienicja materiału okrucowego piaskowców karbońskich z waryscyjskich basenów przedpola w południowo-zachodniej Polsce i na Morawach. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 417: 27–108.
- Krzywiec, P., 2002. Mid-Polish Trough inversion – Seismic examples, main mechanisms and its relationship to the Alpine-Carpathian collision, in G. Bertotti, K. Schulmann, and S. Cloetingh, eds., *Continental collision and the tectonosedimentary evolution of forelands: European Geosciences Union*, 1, of Stephan Mueller Spec. Publ. Ser., 151–165.
- Krzywiec, P., 2006. Structural inversion of the Pomeranian and Kuiaian segments of the Mid-Polish Trough–Lateral variations in timing and structural style. *Geol. Quart.*, 50: 151–168.
- Kudrewicz, R., 2007. GIS-based Structural Geology for Petroleum Exploration within the Polish Permian Basin. AAPG Annual Convention, Long Beach, California. AAPG Search and Discover Article #90063.
- Kulikowski, A., 1977. *Stratygrafia i paleogeografia. Piaskowiec pstry górny*. *Prace Inst. Geol.*, 80: 48–50.
- Łyszkowska, J., Kruk, B., 1969. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Antyklinorium Kujawskie i Rawsko-Gielniowskie, 1968 r. CAG PIG, Warszawa (Kat. 43/157).
- Maćkowski, T., 2008. Analiza karbońsko-dolnopermijskiego systemu naftowego w aspekcie poszukiwań pułapek litologicznych i strukturalnych w utworach czerwonego spągowca w strefie Śrem–Kalisz–Konin. Niepublikowana rozprawa doktorska, AGH, Kraków.
- Maćkowski, T., Reicher, B., 2006. Przestrzenne modelowania procesu generowania, ekspulsji i symulacji migracji węglowodorów. W: *Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechstyńskiego w Polsce* (red. W. Górecki). Arch. ZSE-AGH Kraków.
- Maćkowski, T., Reicher, B., Burzewski, W., Botor, D., Papiernik, B., Górecki, W., 2008. Rekonstrukcja czasowo-przestrzennych parametrów, model ekspulsji i migracji węglowodorów oraz

- ocena potencjału generacyjnego. In: Prognostic resources and undiscovered natural gas potential of Rotliegend and Zechstein limestone deposits in Poland, Part 5 (ed. W. Górecki): 1–86. Unpublished report of the project no. 562/2005/Wn-06/FG-sm-tx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005–2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST, Kraków.
- Malinowski, M., Grad, M., Guterch, A., Takács, E., Śliwiński, Z., Antonowicz, L., Iwanowska, E., Keller, G.R., Hegedűs, E., 2007. Effective sub-Zechstein salt imaging using low-frequency seismics — Results of the GRUNDY 2003 experiment across the Variscan front in the Polish Basin. *Tectonophysics*, 439: 89–106.
- Maliszewska, A., Kiersnowski, H., Kuberska, M., Sikorska, M., Jarmołowicz-Szulc, K., 2003. Skład ziarnowy piaskowców eolicznych czerwonego spągowca Wielkopolski a ich właściwości zbiornikowe. CAG PIG, Warszawa (Inw. 2302/2003).
- Maliszewska, A., Grotek, I., Jackowicz, E., Kozłowska, A., Kuberska, M., Połowska, M., Wołkowicz, K., 2004. Rozwój kompleksów osadowych w zachodniej i centralnej Polsce – pochodzenie i przemiany postdepozycyjne. CAG PIG, Warszawa (Inw. 251/2006).
- Małoszewski, S., 1958. Sprawozdanie grupy interpretacji grawimetrycznej. Temat: Obliczenie anomalii resztkowych i regionalnych na północno-wschodnim brzegu Wału Przedśudeckiego (w rejonie Oborniki–Pyzdry) i Niecki Łódzkiej 1958 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 40928, Kat. 43/170).
- Małoszewski, S., 1968. Opracowanie zagadnienia pola normalnego T i Z w Polsce, anomalie i ich interpretacja, 1968 r. Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa (Kat. R-164).
- Małoszewski, S., Dąbek J. 1964. Reinterpretacja anomalii siły ciężkości w rejonach: Czempin–Mosina, Leszno–Rawicz, Gopło, Złoczew i Nowogard–Człopa. CAG PIG, Warszawa (Inw. 17187 Kat. ON/390).
- Marek, S. (red.), 1977. Budowa geologiczna wschodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej (strefa Gopło–Ponętów–Pabianice). *Prace Inst. Geol.*, 80.
- Matyasik, I., 1998. Geochemical characteristics of the Carboniferous source rock in the selected boreholes in the Radom–Lublin and Pomerania areas. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 165: 215–226.
- Mazur, S., Scheck-Wenderoth, M., Krzywiec, P., 2005. Different modes of inversion in the German and Polish basins. *Int. J. Earth Sci.*, 94: 782–798.
- Narkiewicz, M., Dadlez, R., 2008. Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim. *Prz. Geol.*, 56: 391–397.
- Nowak, G., 2003. Petrologia materii organicznej rozproszonej w osadach późnopalaeozoicznych SW Polski. *Cuprum*, 29: 1–221.
- Pasik, J., 1974. Dokumentacja regionalnych badań magnetycznych. Temat: Monoklina przedsudecka, 1973. CAG PIG, Warszawa (Kat. M-160).
- Peryt, T.M., 1983. Osady caliche w cechsztyńskim dolomicie głównym (Ca2) okolic Kalisza. *Prz. Geol.*, 31: 252–254.
- Peryt, T.M., 1992. Debris-flow deposits in the Zechstein (Upper Permian) Main Dolomite of Poland: significance for the evolution of the basin. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 185: 1–19.
- Peryt, T.M., Dyjaczynski, K., 1991. An isolated carbonate bank in the Zechstein Main Dolomite basin, western Poland. *J. Petrol. Geol.*, 14: 445–458.
- Petecki, Z., 1998. Przetwarzanie i interpretacja pól potencjalnych w strefie T-T i zachodniej części platformy prekambryjskiej, 1998. CAG PIG, Warszawa (Inw. 974/99).
- Petecki, Z., 2001. Magnetic evidence for deeply buried crystalline basement southwest of the Tisseyre-Tornquist Line in NW Poland. *Acta Geoph. Pol.*, 49: 509–515.
- Petecki, Z., Polechońska, O., Wybraniec, S., Cieśla, E., 2003. Mapa magnetyczna Polski 1:500 000. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1367/2004).
- Piątkowski, J., 1948. Zdjęcie grawimetryczne Kujaw wagą skręceń Eotvos. CAG PIG, Warszawa (Inw. 6494 Kat. 3727/99).
- Pieńkowski, G., 2004. The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Pol. Geol. Inst. Spec. Pap.*, 12: 1–122.
- Piwocki, M., Wasiak, J., 1987. Analiza materiałów grawimetrycznych oraz wiertniczych w rejonie Zagłębia Konińskiego dla dalszych badań poszukiwawczych za węglem brunatnym. CPBR 14, cel 22, 1987. CAG PIG, Warszawa (Kat. G-528 PBG).
- Pletsch, T., Appel, J., Botor, D., Clayton, C.J., Duin, E.J.T., Faber, E., Górecki, W., Kombrink, H., Kosakowski, P., Kuper, G., Kus, J., Lutz, R., Mathiesen, A., Ostertag-Henning, C., Papiernik, B., Van Bergen, F., 2010. Petroleum generation and migration. In: *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area* (eds. J.C. Doornenbal and A.G. Stevenson): 225–253. EAGE Publications, Houten.
- Pokorski, J., 2008. Schematyczna mapa rozmieszczenia utworów karbonu dolnego i górnego z określeniem litofacji dominujących. In: *Prognostic resources and undiscovered natural gas potential of Rotliegend and Zechstein limestone deposits in Poland, Part 2* (ed. W. Górecki). Report of the project no. 562/2005/Wn-06/FG-smtx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005–2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST, Kraków.
- Polechońska, O., Wróblewska, M., 2004. Deep Lithosphere Structure along P2 and P4 Profiles Thermal-Gravity Models” poster na Conference – Workshop, Geodynamics Of Central Europe, Zakopane/Tatra Mountains, Poland.
- Poprawa, P., 2009. Modelowania 1-D historii termicznej i generowania/ekspulsji węglowodorów. W: *Historia oraz geneza zdarzeń termicznych w basenie polskim i jego osadowym podłożu – ich znaczenie dla rekonstrukcji procesów generowania węglowodorów* (red. P. Poprawa). CAG PIG, Warszawa (Inw. 2935/2011).
- Poprawa, P., Kiersnowski, H., 2010. Tight gas reservoirs in Poland. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 439: 173–180.
- Požaryski, W., Brochwicz-Lewiński, W., 1978. On the Polish Trough. *Geol. Mijnbouw*, 57: 545–557.
- Požaryski, W., Grocholski, A., Tomczyk, H., Karnkowski, P., Moryc, W., 1992. Mapa tektoniczna Polski w epoce waryscyjskiej. *Prz. Geol.*, 40: 643–651.
- Protas, A., 1990. Dolomit główny w rejonie Bielica–Czarne na tle paleogeografii Pomorza Zachodniego. *Prz. Geol.*, 38: 127–131.
- Reczek, J., 1955. Sprawozdanie z pomiarów grawimetrycznych na obszarze Kujawy–Pomorze, 1954. CAG PIG, Warszawa (Inw. 40620 Kat. 3625/193).
- Reczek, J., 1966. Dokumentacja badań grawimetrycznych. Temat: Strefa synklinorium mogileńskiego, Mogilno–Konin–Uniejów, 1965. CAG PIG, Warszawa (Kat. G-201 PBG).
- Reczek, J., 1967. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Mogilno–Konin–Uniejów, 1965/1966. CAG PIG, Warszawa (Kat. G-215 PBG).
- Reicher, B., 2008. The elements of the Carboniferous-Permian petroleum system in the Polish Lowlands. In: *Prognostic Resources and Undiscovered Natural Gas Potential of Rotliegend and Zechstein Limestone Deposits in Poland, Part 5* (ed. W. Górecki). Report of the project no. 562/2005/Wn-06/FGsmx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005–2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST Kraków.
- Seedhouse, J., Burley, S., Wakefield, M., 1996. Porosity evolution in aeolian Rotliegend sandstones from the Polish Central Trough. *British Gas. Niepublikowany raport*, CAG PIG.
- Soćko, A., 1965. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych Gostynin–Ponętów rok 1964 /opracowanie tymczasowe/. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1163 Kat. 3929/154).
- Soćko, A., 1966. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Gostynin–Łowicz–Ponętów–Poddębice, 1965. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1252 Kat. 3929/163).
- Soćko, A., 1976. Opracowanie badań grawimetrycznych wykonanych do 1972 r. Temat: Synklinorium Mogileńsko-Łódzkie, (reinterpretacja), 1975–1976. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1897 Kat. 53/140).

- Soćko, A., Szczypa, S., 1980. Mapa grawimetryczna Polski w skali 1:200 000 Arkusz nr 37 Konin + objaśnienia, 1980 r. CAG PIG, Warszawa (Kat. N34-XXXI/4).
- Soćko A., Szczypa S., 1981. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 47 – Kalisz, 1981 r. CAG PIG, Warszawa (Kat. M34-I/3).
- Stolarek, J., Grzywacz, J., Kruk, B., 1958. Sprawozdanie z badań regionalnych grawimetrycznych w rejonie Niecki Łódzkiej w 1957 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 9959/3261, Kat. 3826/246).
- Śliwiński, Z., Antonowicz, L., Iwanowska, E., Malinowski, M., Grad, M., Guterch, A., Keller, G.R., Takács, E., 2006. Interpretacja zasięgu eksternidów waryscyjskich na eksperymentalnym profilu sejsmicznym GRUNDY 2003. Prz. Geol., 54: 45–50.
- Wagner, R., 1994. Stratygrafia osadów i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. Prace Państw. Inst. Geol., 146.
- Wagner, R., 2006. Perspektywy poszukiwawcze dolomitu głównego strefie Gorzów – Międzychód w Świetle wyników nowych badań. W: Protas A. (red) „50 lat poszukiwań ropy naftowej i gazu ziemnego w północno-zachodniej Polsce. Tradycja i nowe wyzwania”. Konferencja naukowo-techniczna Piła 1–2 VI 2006: 87–116.
- Wagner, R., 2012. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca2) w Polsce. Arch. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/986).
- Wagner, R., Grudzień, T., Skowroński, L., 1999. Stratygraficzna baza danych permu z północnej Polski. CAG PIG, Warszawa (Inw. 2389/99).
- Wagner, R., Dyjaczynski, K., Papiernik, B., Peryt, T.M., Protas, A., 2000. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca2) 1: 500 000. W: Bilans i potencjał węglowodorowy dolomitu głównego basenu permiego Polski (red. M. Kotarba). Arch. AGH Kraków.
- Wójcicki, A., Kiersnowski, H., Dyrka, I., Adamczak-Biały, T., Becker, A., Głuszyński, A., Janas, M., Kozłowska, A., Krzemiński, L., Kuberska, M., Paczeńska, J., Podhalańska, T., Roman, M., Skowroński, L., Waksmundzka, M.I., 2014. Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych zwięzłych skałach zbiornikowych Polski. PIG-PIB, Warszawa.
- Wybraniec, S., 1996: Zastosowanie nowych metod interpretacji danych pól potencjalnych do rozpoznania budowy Polski północno-zachodniej. Projekt Badawczy 5.17.77.94.6, 1996. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3677/96).
- Wybraniec, S., 1999. Badanie ukrytych struktur wzdłuż polskiej części transeuropejskiej strefy szwowej z wykorzystaniem danych grawimetrycznych i magnetycznych, 1998. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3542/98).
- Żelaźniewicz, A., Aleksandrowski, P., Buła, Z., Karnkowski, P.H., Konon, A., Oszcypko, N., Ślęczka, A., Żaba, J., Żyto, K., 2011. Regionalizacja Tektoniczna Polski. KNG PAN, Wrocław.
- CBDG, 2015. Centralna Baza Danych Geologicznych. Litostratygrafia, Chronostratygrafia, Litologia, weryfikacja 2008. <http://otworywiertnicze.pgi.gov.pl>